

An Investigation into the Characterization of the painted wooden Shir-Sar of Taghavi house in Gorgan

Yaser Hamzavi^{1*}, Danial Harandi², Fathollah Niazi³ and
Seyyed Mohsen Haji Seyyed Javadi⁴

- 1-Correspondent Author: Associate professor, Faculty member of Research Institute of Cultural Heritage and Tourism (RICHT), Tehran, Iran y.hamzavi@richt.ir; yaserhamzavi99@gmail.com
2-Assistant professor, Faculty of Cultural Materials Conservation, Tabriz Islamic Art University, Tabriz, Iran.
3-Restoration expert, The Research Center of Cultural Artifacts Conservation and Restoration (RCCCR)
4-Department of Art and Architecture, Payam-e Noor University, Tehran, Iran

Received: May 2024

Revised: July 2024

Accepted: August 2024

Abstract

Background and objectives: Painting on wood had become popular in Iran during the Safavid period and reached its peak during the Zand and Qajar periods. The art of painting and writing inscriptions on wood as one of the unique arrays in Iran has been forgotten but their technical and pathological studies will greatly help to preserve and perpetuate such works. Preservation of wood in historical buildings, where color arrays are also applied, is a complex task. The challenge of this work is related to the multiple material characteristics of the work, the type of interventions and the selection of protective chemicals that should be considered in these works. In fact, by fully understanding the work, it is possible to provide a protection solution. The purpose of this article is to identify the materials, structure and damage of the different layers of the historical headstones of the Taghavi House in Gorgan.

Methodology: The wooden lion heads of the Taghavi House in Gorgan, which have written inscriptions along with plant motifs and frames, are the study samples of the current research. The type and amount of the sample was chosen according to the existing uncertainties as well as the test method. In total, four wood samples and four paint samples were prepared. For the technical study of these works, transmission electron microscope, Dino-Lite plus digital microscope, scanning electron microscope (SEM) equipped with EDS detector were used. Also, under standard laboratory conditions, fungi cultivation and wood acidity were measured.

Results: The black spots in the examination with a digital microscope indicate the presence and growth of biological factors on the surface of wood, which were sampled in a part of them to cultivate and identify the fungi. Initial observations with a digital microscope indicate the destruction of wood components caused by biological factors and the reduction of wood strength. In the first investigation, according to the cross-sections of all the samples (three samples), it was found that the samples are broad-leaved woods. The vessels are evenly distributed. In the tangential section, single-celled and multi-celled wood rays can be seen, the width of which reaches about 25 cells. The size of the vessels is almost the same and of a homogeneous and

scattered type of vessel. In this sample, two to four vessels are stuck together. The average size of the vessels was measured to be 59 micrometers. Also, the frequency of vessels per square millimeter was calculated to be 130 vessels per millimeter on average. In two samples 2021.G.T.3 and 2021.G.T.8, the vessels are heterogeneous, separated and their cross section is relatively round. Heterogeneous holes and part of the aperture can be seen and some of them are tiled. The diameter of the vessels is specific from spring and summer wood. In the tangential section, single-celled or multi-celled wood rays are observed. In the continuation of the studies, the study samples were examined with a scanning electron microscope with different magnifications. The cell wall in a sample is weakened and is collapsing. Also, the growth of fungi can be clearly seen among the wooden structure. In the other two samples, the cellulosic walls are severely damaged and we see dissociation and rupture between the cellulosic layers.

Conclusion: The results of this study showed that the wood used for historical lion heads is beech and oak wood. Also, fungi such as *Aspergillus terius*, *Alternaria*, *Aspergillus niger* and *Cladosporium* were identified in the wood structure. The destruction of the cell wall and the decay of the wood structure were identified. Also, azure blue, syringe red, white flowers, as well as a mixture of carbon black and iron black colors have been used on historical wood as patterns and writings. This study can be very important for the proper preservation of historical wooden works of Gorgan region.

Keywords: Characterization, Shir-Sar, painting on wood, inscription, Gorgan.

مطالعه ساختارشناختی چوب و لایه رنگ در شیرسره‌های خانه تقوی گرگان

یاسر حمزوی^{۱*}، دانیال هرندی^۲، فتح‌الله نیازی^۳ و سید محسن حاجی سید جوادی^۴

*۱- نویسنده مسئول، دانشیار، پژوهشکده بناها و بافت‌های تاریخی فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران،

پست الکترونیک: y.hamzavi@richt.ir ; yaserhamzavi99@gmail.com

۲- استادیار، دانشکده حفاظت آثار فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، تبریز، ایران

۳- کارشناس مرمت آثار تاریخی، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری

۴- استادیار، گروه هنر و معماری، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۳

تاریخ اصلاح نهایی: تیر ۱۴۰۳

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۳

چکیده

سابقه و هدف: نقاشی روی چوب در ایران در زمان صفویه متداول شده و در دوره زندیه و قاجار به اوج خود رسید. هنر نقاشی و کتیبه‌نویسی بر روی چوب به عنوان یکی آرایه‌های منحصربه‌فرد در ایران رو به فراموشی بوده که مطالعات فن‌شناختی و آسیب‌شناختی آنها کمک بسزایی به حفظ و تداوم این گونه آثار خواهد نمود. حفاظت از چوب در بناهای تاریخی که آرایه‌های رنگی نیز بر روی آن اجرا شده، کار پیچیده‌ای است. چالش این کار، مربوط به ویژگی‌های چندگانه مادی اثر، نوع مداخلات و انتخاب مواد شیمیایی حفاظتی است که باید در این آثار مد نظر قرار گیرد. در واقع، با شناخت کامل اثر، می‌توان راهکار حفاظتی برای آن ارائه کرد. هدف از این مقاله، شناخت مواد، شناخت ساختار و شناخت آسیب لایه‌های مختلف شیرسره‌های تاریخی خانه تقوی گرگان است که به صورت خلاصه، مطالعه فنی گفته می‌شود. این شیرسرها مربوط به سال ۱۲۰۹ ه.ق. است.

مواد و روش‌ها: شیرسره‌های چوبی خانه تقوی گرگان که در سطح زیرین آن کتیبه‌های نوشتاری به همراه نقوش گیاهی و کادربندی‌ها اجرا شده، نمونه‌های مطالعاتی این پژوهش است. نوع و میزان نمونه با توجه به ابهامات موجود و شیوه آزمایش انتخاب شد. در مجموع، چهار نمونه چوب و چهار نمونه رنگ تهیه گردید. برای مطالعه فنی این آثار، از میکروسکوپ عبوری، میکروسکوپ دیجیتال Dino-Lite plus و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مجهز به آشکارساز EDS استفاده گردید. همچنین در شرایط استاندارد آزمایشگاهی، کشت قارچ و سنجش اسیدیته چوب انجام شد.

نتایج: لکه‌های سیاه در بررسی با میکروسکوپ دیجیتال حکایت از حضور و رشد عوامل بیولوژیک بر روی سطح چوب دارند که در بخشی از آنها برای کشت و شناسایی قارچ‌ها نمونه‌برداری شد. مشاهدات اولیه با میکروسکوپ دیجیتال بر تخریب مواد متشکله چوب ناشی از عوامل بیولوژیک و کاهش استحکام و انسجام چوب است.

در اولین بررسی، با توجه به مقاطع عرضی تمامی نمونه‌ها (سه نمونه) مشخص شد که نمونه‌ها از گونه چوب‌های پهن‌برگ هستند. آوندها به‌طور یکنواخت پراکنده شده‌اند. در مقطع مماسی اشعه چوبی تک سلولی و چند سلولی مشاهده می‌شود که پهنای آن تا حدود ۲۵ سلول می‌رسد. اندازه آوندها تقریباً یکسان و از نوع همگن و پراکنده آوند می‌باشد. در این نمونه آوندها دو تا چهارتایی به هم چسبیده‌اند. اندازه آوندها به‌طور میانگین ۵۹ میکرومتر اندازه‌گیری شد. همچنین فراوانی آوندها در هر میلیمتر مربع به‌طور میانگین ۱۳۰ آوند در هر میلیمتر محاسبه شد. در دو نمونه 2021.G.T.3 و 2021.G.T.8 آوندها ناهمسان، جدا و مقطع آنها نسبتاً گرد است. حفره‌ها ناهمگن و بخش روزنه دیده می‌شود و بعضی آنها تیل‌دار هستند. قطر آوندها از چوب بهار و تابستانه مشخص می‌باشند. در مقطع مماسی اشعه چوبی تک سلولی و یا پر سلولی مشاهده می‌شود.

در ادامه مطالعات، نمونه‌های مطالعاتی با میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگ‌نمایی‌های مختلف بررسی شد. دیواره سلولی در نمونه‌ای دچار تضعیف شده و در حال فروپاشی است. همچنین رشد قارچ‌ها در میان ساختار چوبی به وضوح دیده می‌شود. در دو نمونه

دیگر، دیواره‌های سلولزی به شدت دچار اضمحلال شده و شاهد گسستگی و گسیختگی بین لایه‌های سلولزی هستیم. نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد چوب استفاده شده برای شیرسرای تاریخی، راش و چوب بلندمازو است. همچنین قارچ‌هایی از نوع اسپریژیلوس تریوس، آلترناریا، اسپرژلوس نایجر و کلادوسپوریوم در ساختار چوب شناسایی شد. در ادامه، تخریب دیواره سلولی و اضمحلال ساختار چوب شناسایی گردید. همچنین از رنگ‌های آبی لاجورد، قرمز سرنج، گل سفید و مخلوط رنگ سیاه کربن و سیاه آهن بر روی چوب‌های تاریخی به عنوان نقش و نوشتار استفاده شده است. این مطالعه می‌تواند در جهت حفظ صحیح آثار چوبی تاریخی منطقه گرگان اهمیت بسزایی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: ساختارشناسی، شیرسر، نقاشی روی چوب، گرگان.

مقدمه

در محله سرچشمه گرگان در اوایل دوره قاجار ساخته شده است و بخش متأخر، متعلق به دوره پهلوی اول، به بخش اصلی الحاق شده و در کنار بخش‌های قاجاری خانه تقوی است. خوشبختانه، در کتیبه‌های نوشتاری بر روی چوب شیرسرای نمای داخلی بنا، تاریخ ۱۲۰۹ قابل مشاهده است. این بنا از چند حیاط مرکزی دوزنقه‌ای شکل شامل اندرونی، بیرونی، خدمه و اسطبل تشکیل شده است.

شناخت فنی و ساختاری آثار تاریخی یکی از مهمترین اصول در انتخاب چگونگی حفاظت صحیح توسط مرمنگر است (Koochakzaei *et al.*, 2022). چوب بخش مهمی از مصالح به‌کاررفته در بناها و آرایه‌های معماری تاریخی در شمال ایران محسوب می‌شود. یکی از بناهای تاریخی شاخص با آرایه‌های چوبی در گرگان، خانه تقوی است. بخش اصلی خانه تقوی منسوب به محمدتقی تقوی از تجار منطقه استرآباد،



شکل ۱- نمایی از شیرسرای خانه تقوی گرگان (تاریخ خلق اثر: ۱۲۰۹ هجری قمری)

Figure 1. A view of the Taqavi house in Gorgan

الکترونی روبشی، طیف‌سنجی پرتو ایکس پراکنده انرژی، تصویربرداری چند باندهی و میکروسکوپ نوری برای بررسی رنگدانه‌ها استفاده شده است. نتایج حکایت از استفاده از رنگدانه‌های اورپیمنت، سرنج، اولترامارین مصنوعی، سیاه کربن و گچ به ترتیب برای رنگدانه‌های زرد، قرمز، آبی، سیاه و سفید دارد. رنگ آبی روشن با اختلاط گچ و نیل به دست آمده و از گچ به عنوان لایه بستر در نقاشی استفاده شده است (Koochakzaei *et al.*, 2024).

در پژوهشی، تعیین رنگدانه‌های به‌کاررفته در تابلوهای چوبی خانه شهسواران، سازه‌ای با قدمت دوره قاجار در شهر اصفهان انجام شده است. با استفاده از طیف‌سنجی میکرورامان و طیف‌سنجی میکروXRF، ترکیب رنگدانه‌های رنگ‌های سفید، سبز، آبی، زرد و قرمز تجزیه و تحلیل شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد پرکننده لایه تدارکاتی روی چوب، سفیداب سرب است. بررسی رنگدانه‌ها نشان داده که سفیداب سرب، سرنج، زرد کروم و آبی اولترامارین وجود دارد. یادآوری می‌شود که رنگدانه سبز به عنوان Conichalcite شناخته شد. رنگدانه‌ای که معمولاً مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و احتمالاً از تخریب سبز زمردی به دست می‌آید. علاوه بر این، وجود ماسکویت در کنار سفیداب سرب در نواحی سفید نشان‌دهنده تخریب سفیداب سرب در یک محیط بیرونی است (Koochakzaei *et al.*, 2024). Soleimani و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله‌ای با عنوان «مقایسه و تزیینات چوبی مسجد جامع ایبانه با مساجد چوبی آذربایجان شرقی» به شناسایی عناصر و آرایه‌های چوبی در دو مسجد پرداخته‌اند.

همچنین در منابعی نیز به عوامل آسیب‌رسان، آسیب‌ها و بهبود کیفیت چوب پرداخته شده است. در پژوهشی در مورد بهبود کیفیت چوب در برابر موریانه، مطالبی ارائه شده است: یکی از مخرب‌ترین حشراتی که از چوب و فراورده‌های آن به عنوان ماده غذایی استفاده می‌کند، موریانه است (Yves & Nathan, 2010). با وجود تمامی مزیت‌هایی که چوب به عنوان ماده طبیعی دارد، این ماده دارای جذب رطوبت و عدم ثبات ابعادی بوده و در اثر عوامل بیولوژیکی و هوازدگی تخریب می‌شود (Galperin *et al.*, 1995). چوب به دلیل

این خانه در گذشته محل جلسات تجار و جلسات عمومی شهر استرآباد بوده و دارای آرایه‌هایی شامل آرایه‌های آجری، شیرسرهای چوبی نقاشی شده و گره‌چینی چوبی در داخل خانه است (Pasian khomri *et al.*, 2017). این عمارت دارای دو معماری درون‌گرا و برون‌گرا است و از مهمترین بخش‌های آن می‌توان به ایوان اشاره کرد (Ismaili *et al.*, 2021).

برای جلوگیری از نفوذ رطوبت، ساختمان خانه تقوی یک متر بالاتر از سطح زمین ساخته شده است. بیشتر بخش‌های این مجموعه، دو طبقه بوده که کف طبقه دوم با چوب لمبه کوبی شده تا بار کمتری بر سقف طبقه زیرین وارد گردد. قطعات چوبی زیرین شیرسرها با نقوش گیاهی، اشعار فارسی به خط نستعلیق و آیات قرآن به خط نسخ، آذین شده است که از ویژگی‌های زیباشناختی و همچنین مفهومی این خانه تاریخی است (شکل ۱ و ۲).

چوب در پوشش سقف خانه‌ها در شهرهای گوناگون ایران کاربرد فراوانی داشته و حتی شواهدی از استفاده پوشش‌های چوبی در معماری هزاره سوم قبل از میلاد در کاوش‌های باستان‌شناسی سیلک و شهر سوخته بدست آمده است (Talebian & Soltani, 2022). چوب در زمره اولین مصالح در ساختمان‌سازی بوده است. استفاده از این مصالح از دیرباز به دلیل سهولت دسترسی، سبکی، مقاومت فشاری، کششی و برشی، اتصالات ساده، نصب سریع و غیره رواج داشته است (Hoadley, 1998). در گرگان به دلیل اقلیم خاص منطقه، کاربرد و استفاده چوب در نقش‌های غیرسازه‌ای فارغ از دوره تاریخی رواج داشته و چوب در تمامی ادوار عنصر اصلی در شکل‌گیری سازه‌های معماری بوده است (Ghelichkhani *et al.*, 2014).

در برخی از منابع مکتوب علمی، نتیجه مطالعات بر روی شناخت آرایه‌های چوبی تاریخی انجام شده است که به نمونه‌هایی اشاره می‌شود: در پژوهشی، تحلیل رنگدانه‌های به‌کاررفته در نقاشی‌های چوبی مسجد زریر مربوط به دوران صفویه در مراغه، هدف اصلی پژوهشگران بوده که برای نیل به این هدف، از روش طیف‌سنجی رامان، میکروسکوپ

معرفی نمونه‌های مطالعاتی: برای مطالعه فنی چوب‌های شیرسر و رنگدانه‌های به‌کاررفته در کتیبه‌ها و نقوش اجرا شده در زیر آن در خانه تقوی گرگان، پس از مطالعات بررسی‌های میدانی، نمونه‌برداری انجام شد. محل نمونه‌برداری در شکل ۲ قابل مشاهده است. در ادامه، برای مشخص شدن هر نمونه برای انجام آنالیزهای مختلف، کدگذاری انجام گردید (جدول ۱).

2021 نشان‌دهنده سال نمونه‌برداری است. G حرف اول گرگان است. T حرف اول تقوی است. شماره انتهایی که از ۱ تا ۸ نوشته شده، نوع نمونه را مشخص می‌کند. نمونه 2021.G.T.3 مربوط به نمای خارجی بنا و دیگر نمونه‌ها مربوط به نمای داخلی بنا است.

ماهیت شیمیایی که دارد جذب آب بالایی دارد که باعث آسیب آن می‌شود. با کنترل رطوبت چوب، در بسیاری از موارد می‌توان از تخریب ناشی از عوامل مخرب چوب جلوگیری کرد (hill 2006).

این مطالعه، بخشی از یک پژوهش گسترده‌تر است که در ادامه، منجر به ارائه طرح حفاظت و مرمت شده است. مطالعات فنی و آزمایشگاهی مصالح چوبی سنتی شیرسرای خانه تقوی گرگان (شکل ۱) منجر به شناخت دقیق‌تر از مواد و مصالح استفاده شده و نحوه ساخت آنها خواهد شد، به‌طوری که در کنار بررسی آسیب‌های ایجادشده به چوب‌های تاریخی منطقه گرگان منجر به انتخاب روش صحیح تیمار توسط مرمتگران و بهبود وضعیت این گونه آثار هنری خواهد شد.

مواد و روش











شکل ۲- محل نمونه‌برداری؛ نمونه‌های مطالعاتی چوب و رنگدانه؛ شیرسر خانه تقوی

(نمونه 2021.G.T.3 مربوط به نمای خارجی بنا است)

Figure 2. Sampling location; study samples of wood and pigment; the house of Taqavi.

جدول ۱- معرفی نمونه‌های مورد مطالعه به همراه تصویر نمونه و بارکدگذاری

Table 1- Introduction of the studied samples along with sample image and barcode

Image of Samples	type of study	Location	Samples
	Polarizing Microscope Digital Microscope SEM Cultivation of fungi	Sample wood from Shir-Sar	2021.G.T.1
	Polarizing Microscope Digital Microscope SEM Cultivation of fungi	Sample wood from Shir-Sar	2021.G.T.2
	Polarizing Microscope Digital Microscope SEM Cultivation of fungi	Sample wood from Shir-Sar	2021.G.T.8
	Polarizing Microscope Digital Microscope SEM Cultivation of fungi	Sample wood from Shir-Sar	2021.G.T.3
65 X 	Digital Microscope SEM-EDS	Blue Pigment	2021.G.T.4
65 X 	Digital Microscope SEM-EDS	Red Pigment	2021.G.T.5
65 X 	Digital Microscope SEM-EDS	Black Pigment	2021.G.T.6
65 X 	Digital Microscope SEM-EDS	White Pigment	2021.G.T.7

روش‌های آزمایشگاهی

گونه‌شناسی چوب: نمونه چوب‌ها به مدت یک ساعت در مخلوط آب مقطر و گلیسرین (۱:۱) جوشانده شد. پس از نرم‌سازی، مقاطع نازک چوب‌ها به کمک تیغ دستی انجام شد. برای رنگبری نمونه از هیپوکلرید سدیم استفاده شد و بعد در آب مقطر آبکشی گردید. مقاطع نازک نمونه‌ها با متیلن بلو ۱ درصد رنگ آمیزی شدند و برای خارج شدن رنگ اضافه به ترتیب در آب مقطر و اتانول ۵۰ و ۹۶ درصد قرار گرفتند (Schoch *et al.*, 2004). سپس برای بررسی در زیر میکروسکوپ عبوری مقاطع عرضی، مماسی و شعاعی ارزیابی و در پایان با نتیجه نمونه‌های شاهد مقایسه شدند. برای شناسایی مقاطع از داده‌های پایگاه اینسایدوود

(<https://insidewood.lib.ncsu.edu>) مربوط به مرجع انجمن بین‌المللی آناتومیست‌های جهان (IAWA) استفاده شد. تعداد فراوانی آوندها در هر میلی‌متر مربع با کمک نرم‌افزار ImageJ محاسبه و با نمونه مرجع چوب مطابقت داده شد. برای بررسی دقیق تصاویر با نرم‌افزار قید شده، طبق روش گزارش شده توسط گیورا و همکاران ماسک و بعد ارزیابی گردیدند (Gurau *et al.*, 2013).

کشت قارچ: در ابتدا محیط کشت SC که مخصوص مطالعات آزمایش‌های قارچی است، آماده شد. سپس هود لامینار برای استفاده، استریل شد. مراحل کار: بعد از اتصال به برق و تمیز کردن آن با حلال (۷۰ درصد اتانول و ۳۰ درصد متانول)، UV آن را چهار ساعت قبل از شروع کار روشن و

کارگیری ولتاژهای افزایشی چندگانه Kv5, Kv10, Kv15 و مجهز به آشکارساز EDS از دستگاه CHNS مدل EURO EA3000 متعلق به کشور ایتالیا، شرکت Euro Vector S.P.A. Co استفاده گردید.

طیف‌سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه FT-IR: در این پژوهش برای انجام طیف‌سنجی مادون قرمز از دستگاه FT-IR Spectrometere مدل Nicolet 510P ساخت آمریکا، در پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری استفاده شد. روش‌های آماده‌سازی نمونه پرکننده لایه تدارکاتی برای انجام آنالیز به صورت پودر کردن آن و ساخت قرص به شکل مخلوط کردن با پودر KBr است و برای خروج رطوبت از نمونه، به مدت ۱ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آون نگهداری شد.

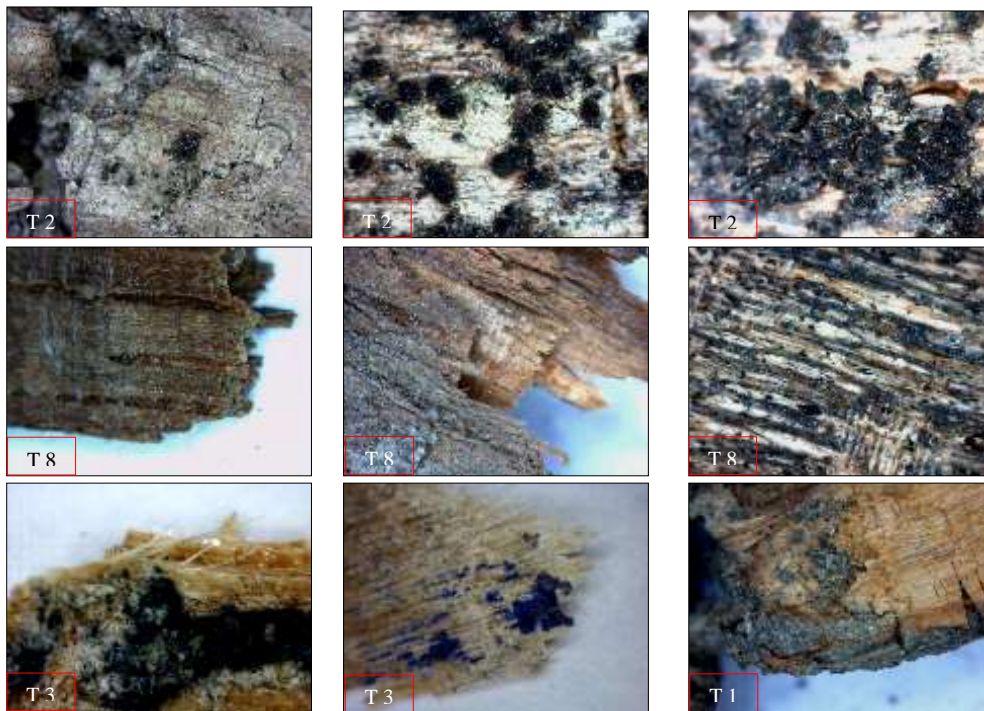
نتایج بحث

بررسی با میکروسکوپ دیجیتال: در شکل ۳ تصاویری با بزرگ‌نمایی ۶۵ برابر از ساختار چوب و آلودگی‌های سطحی چوب نمایش داده شده است. لکه‌های سیاه در تصاویر حکایت از حضور و رشد عوامل بیولوژیک بر روی سطح چوب دارند (T2 و T8) که در بخشی از آنها برای کشت و شناسایی قارچ‌ها نمونه‌برداری شد. مشاهدات اولیه با میکروسکوپ دیجیتال بر تخریب مواد متشکله چوب ناشی از عوامل بیولوژیک و کاهش استحکام و انسجام چوب دلالت دارد (T1, T2, T3 و T8). در شکل ۴ تصاویر با بزرگ‌نمایی ۶۵ برابر از رنگدانه‌های آبی، قرمز- نارنجی و رنگ مشکی به‌کاررفته کتیبه و لایه سفید تدارکاتی نمایش داده شده است که در ادامه ارزیابی و شناسایی خواهد شد. لایه رنگ در برخی بخش‌ها به صورت پودری درآمده (T5) و در قسمت‌هایی دچار ریزترک (T7) و ضعف اتصال با زمینه چوبی (T6) شده است. رشد عوامل بیولوژیک که مربوط به چوب است و به لایه رنگ نفوذ کرده نیز در نمونه T4 قابل مشاهده است. بیشترین آسیب مربوط به رنگ آبی است.

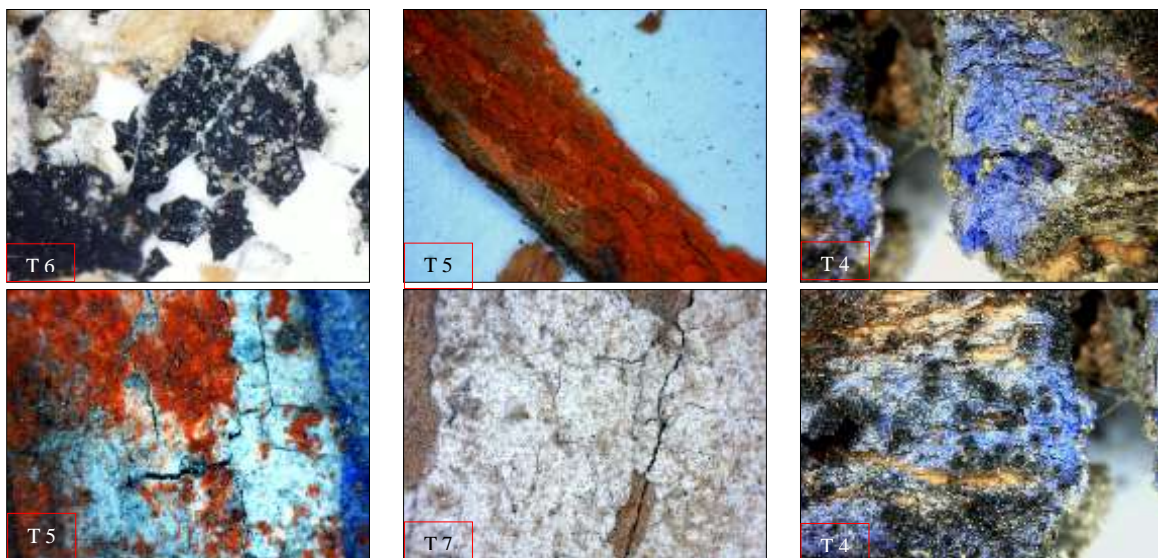
بعد یک ساعت قبل از شروع کار خاموش کرده، سپس در هنگام کار شعله گاز، تهویه و لامپ درون آن را روشن و با کشیدن شیشه جلویی آن به پایین، کار انجام می‌شود. با کمک سوآپ استریل از نمونه چوب، از روی سطح آن برداشته و به محیط کشت در پتری‌دیش (پلیت) مخصوص دردار تلقیح شد. به‌طور کلی استفاده از محیط‌های کشت در پلیت نسبت به لوله یا ظروف دیگر ارجحیت دارد. محیط‌های کشت داخل پلیت یک سطح بزرگ‌تری را فراهم می‌کنند که در آن حجم بزرگ‌تری از نمونه را می‌توان کشت داد، همچنین تبادل هوا بهتر انجام می‌شود و نیز امکان مشاهده بهتری برای کشت‌های مخلوط و مطالعه و بررسی ویژگی‌های کلنی فراهم می‌گردد. بعد از تلقیح پلیت‌ها، باید بوسیله نوار چسب قابل نفوذ به گاز یا نوار سلولوزی بسته (seal) شوند. این عمل از خشک شدن پلیت‌ها جلوگیری می‌کند و نیز از خارج شدن اسپورها یا کنیدی‌ها و آلوده کردن انکوباتور آزمایشگاهی یا ایجاد خطر برای کارکنان آزمایشگاه جلوگیری می‌نماید. سپس تعداد چهار پلیت آماده شده از نمونه‌های 2021.G.T.1، 2021.G.T.2، 2021.G.T.3، 2021.G.T.8، در داخل انکوباتور در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۵۵٪ به مدت ۵ روز قرار داده شدند.

میکروسکوپ دیجیتال (Digital Microscope): میکروسکوپ دیجیتال استفاده شده در این پژوهش، دارای یک دوربین دیجیتال کوچک (cmos) است و به یک رایانه متصل می‌شود. برای بررسی دقیق‌تر سطح نمونه‌های چوب و نمونه‌های رنگ که بر روی چوب اجرا شده است، از لحاظ بافت، رنگ و ترک‌ها و ریزترک‌های موجود و سایر بررسی‌هایی که با چشم غیر مسلح به سختی قابل مشاهده است، از میکروسکوپ دیجیتال Dino-Lite plus استفاده شد. در این بررسی از بزرگ‌نمایی ۲۳۰X و ۶۵X استفاده شد.

میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM-EDS: برای انجام این آنالیز از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM مدل ProX ساخت کمپانی Phenom کشور هلند با امکان به



شکل ۳- بررسی سطح و ساختار چوب به کمک میکروسکوپ دیجیتال و تهیه تصاویری با بزرگ‌نمایی ۶۵ برابر
Figure 3. Photos with digital microscope, surface and structure of wood, images 65 X



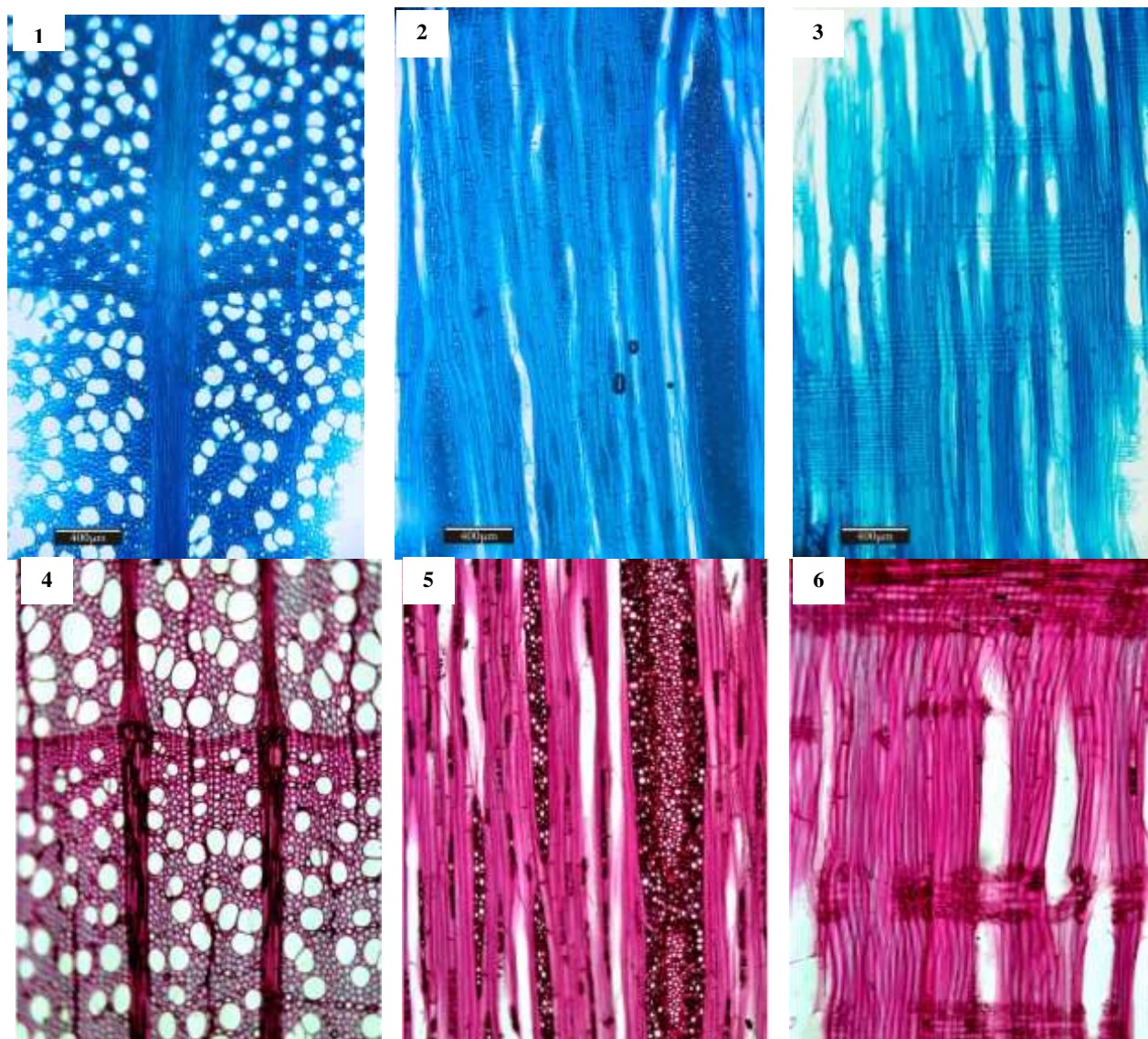
شکل ۴- بررسی لایه رنگ به کمک میکروسکوپ دیجیتال و تهیه تصاویری با بزرگ‌نمایی ۶۵ برابر
Figure 4. Photos with digital microscope, paint layer on wood, images 65 X

آوندها به‌طور یکنواخت پراکنده شده‌اند. همچنین سه مقاطع میکروسکوپی نمونه با تصاویر نمونه شاهد از راش مطابقت داده شده است. در مقطع مماسی اشعه چوبی تک سلولی و چند سلولی مشاهده می‌شود که پهنای آن تا حدود ۲۵ سلول

گونه‌شناسی چوب: در اولین بررسی با توجه به مقاطع عرضی تمامی نمونه‌ها (سه نمونه) مشخص شد که نمونه‌ها از گونه چوب‌های پهن‌برگ هستند. همان‌طور که در مقطع عرضی نمونه 2021.G.T.1 مشخص است (شکل ۵ (۱))،

همچنین فراوانی آوندها در هر میلیمتر مربع به‌طور میانگین ۱۳۰ آوند در هر میلیمتر محاسبه شد که این مقدار با تعداد گزارش شده در نمونه راش برابری می‌کند (شکل ۶) (ParsaPajouh *et al.*, 2011).

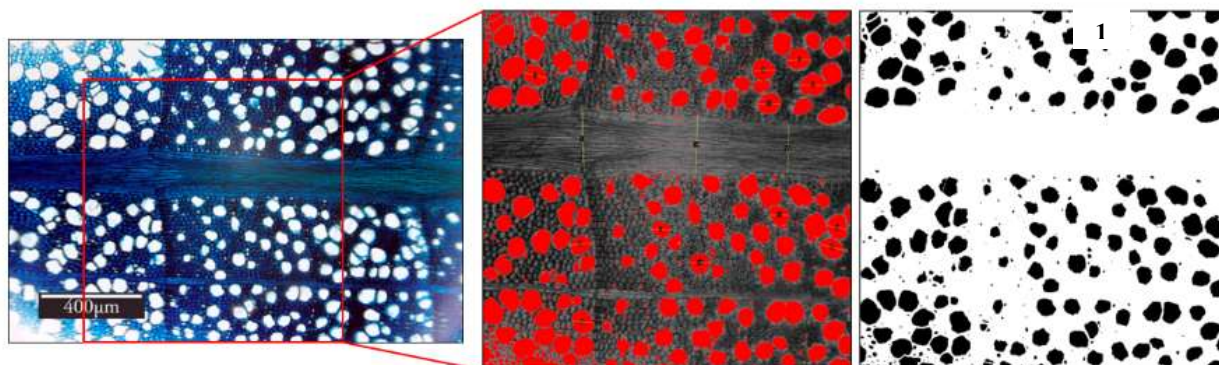
می‌رسد (شکل ۵ (۲)). اندازه آوندها تقریباً یکسان و از نوع همگن و پراکنده آوند می‌باشد. در این نمونه آوندها دو تا چهارتایی به هم چسبیده‌اند و آندهای منفرد نیز مشاهده می‌شود. اندازه آوندها به‌طور میانگین ۵۹ میکرومتر اندازه‌گیری شد که این مقدار با اندازه آوند در نمونه راش مشابهت دارد.



شکل ۵- تصویر تهیه شده از مقطع نمونه 2021.G.T.1 با میکروسکوپ پولاریزان (۱-۳) و تصاویر نمونه شاهد برگرفته از مرجع انجمن

بین‌المللی آناتومیست‌های جهان (IAWA) (۴-۶)

Figure 5. The cross-section of the specimen 2021.G.T.1 with a polarizing microscope (1-3) and the control specimen images taken from the reference of the International Association of Anatomists of the World (IAWA) (6-4).



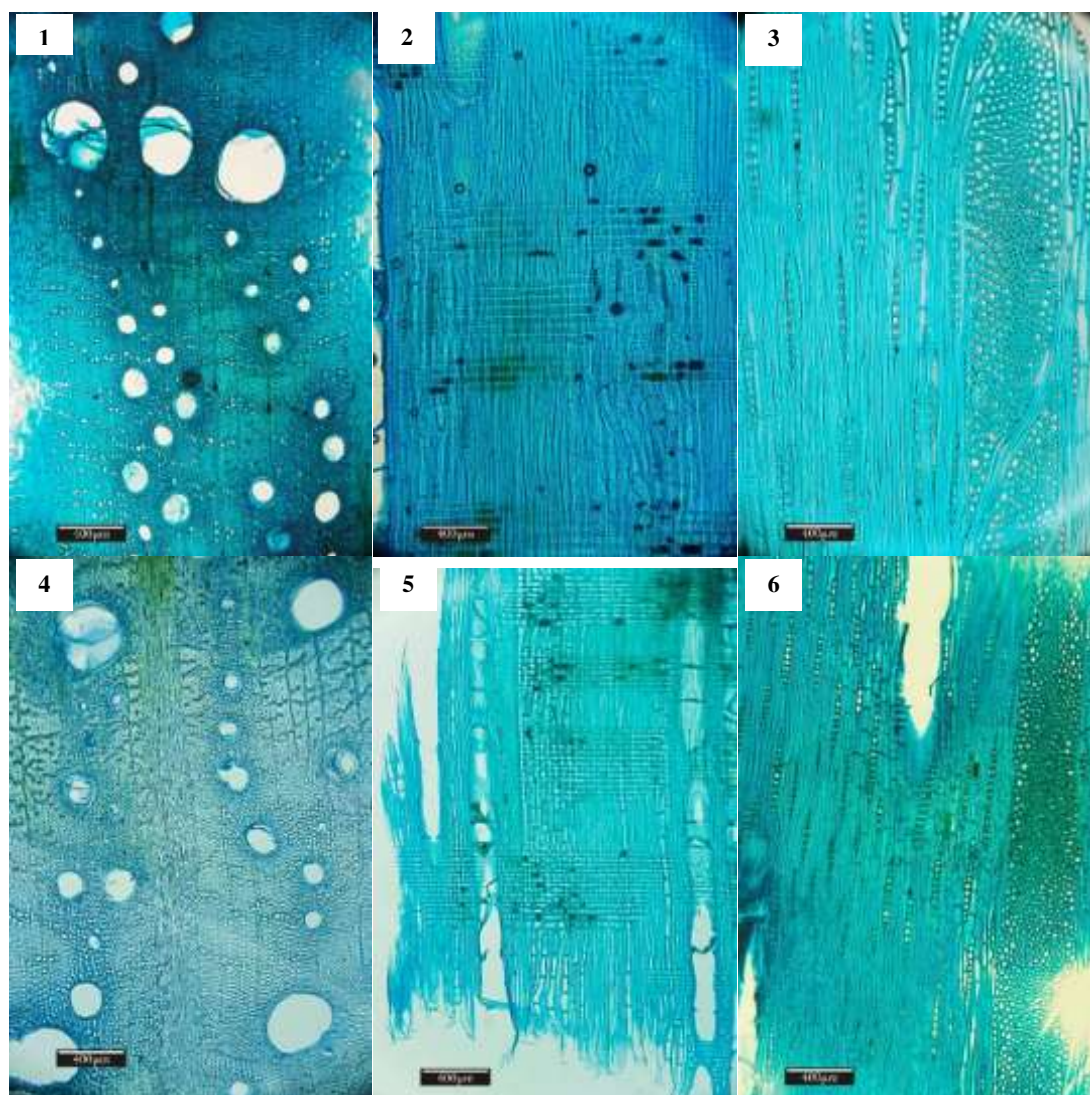
شکل ۶- تصویر ماسک شده نمونه 2021.G.T.1 برای اندازه‌گیری قطر آوندها (۱) و محاسبه فراوانی حفره‌های آوندی (۲)
Figure 6. Masked image of sample 2021.G.T.1. To measure the diameter of vessels (1) and calculate the frequency of vascular cavities (2).

عرضی مشخص است آوندها ناهمسان، جدا و مقطع آنها نسبتاً گرد می‌باشد. حفره‌ها ناهمگن و بخش روزنه دیده می‌شود و بعضی آنها تیل‌دار هستند. قطر آوندها از چوب بهاره و تابستانه مشخص هستند. در مقطع مماسی اشعه چوبی تک سلولی و یا پر سلولی مشاهده می‌شود (ParsaPajouh & Grober, 2011). فراوانی آوندها در هر میلی‌متر مربع ۱۰ عدد بوده و میانگین اندازه آوندها در چوب بهاره ۲۸۰ میکرومتر و در چوب تابستانه ۷۵ میکرومتر محاسبه شد که نزدیک به چوب بلندمازو گزارش شده است (شکل ۹) (Hijazi, 1978).

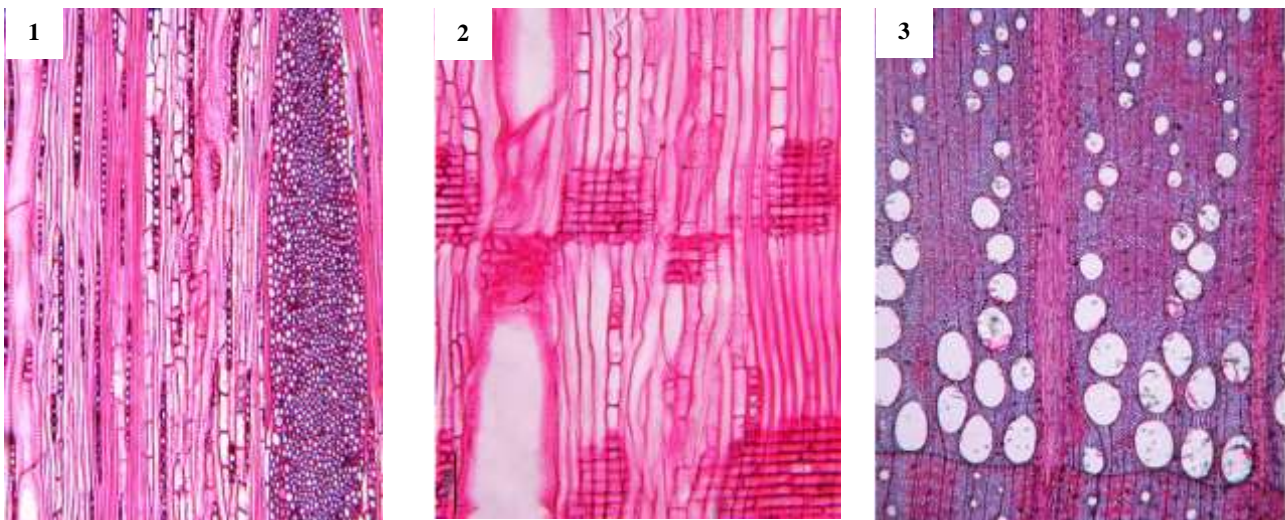
با توجه به نتایج بدست آمده از بررسی‌های کمی و کیفی مقاطع، نمونه 2021.G.T.1 مربوط به چوب راش و دو نمونه 2021.G.T.3 و نمونه 2021.G.T.8 چوب بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) از چوب‌های مربوط به جنگل‌های هیرکانی گرگان است.

درخت راش خزر (*Fagus orientalis* Libsky) یکی از مهمترین گونه‌های پهن‌برگ ایران از تیره راش (Fagaceae) است که حجم وسیعی از درختان جنگل‌های شمال را تشکیل می‌دهد (Amini *et al.*, 2009). تعداد زیادی از پژوهش‌هایی که درباره چوب‌های شمال ایران انجام می‌شود، مربوط به گونه راش است، زیرا مرغوب‌ترین چوب را در کشور دارد و در بیشتر نواحی جنگل‌های شمال می‌روید (Torkaman *et al.*, 2019).

در شکل ۷ تصاویر میکروسکوپی از سه مقطع عرضی، شعاعی و مماسی از دو نمونه 2021.G.T.3 و 2021.G.T.8 با نمونه شاهد چوب بلوط (شکل ۸) مطابقت داده شد. نتایج نشان می‌دهد که دو نمونه مذکور از چوب بلندمازو یکی از مهم‌ترین گونه‌های بلوط بومی جنگل‌های هیرکانی استفاده شده است (Panahi *et al.*, 2011). همان‌طور که در مقطع

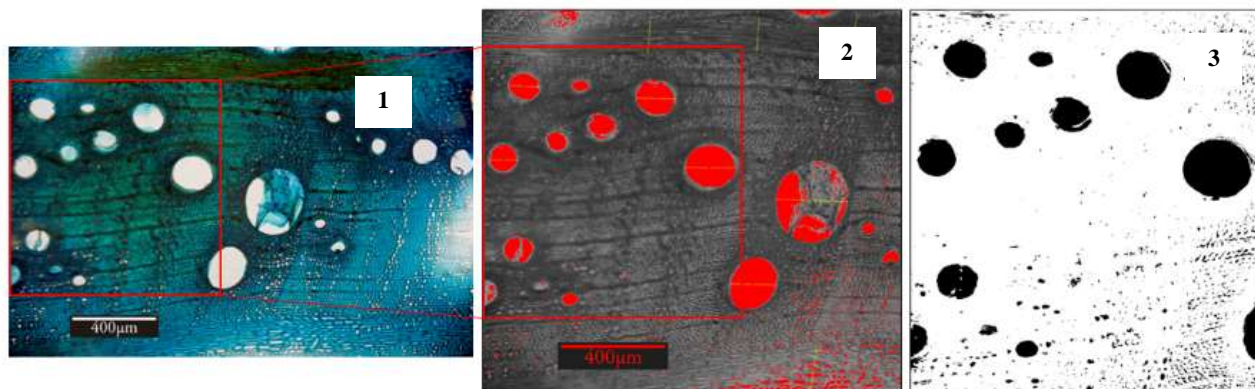


شکل ۷- تصاویر میکروسکوپی تهیه شده از مقاطع نمونه 2021.G.T.3 (۱-۳) و 2021.G.T.8 (۴-۶) با میکروسکوپ پولاریزان
 Figure 7. Microscopic images prepared from the samples of 2021.G.T.3 (1-3) and 2021.G.T.8 (6-4) with a polarizing microscope



شکل ۸- تصاویر میکروسکوپی از نمونه چوب بلوط، از مقطع مماسی (۱)، شعاعی (۲) و عرضی (۳) (انجمن بین‌المللی آناتومیست‌های جهان)

Figure 8. Microscopic images of an oak sample from a tangential (1), radial (2), transverse (3) section (International Association of Anatomists of the World)



شکل ۹- نمونه تصویر ماسک شده (نمونه 2021.G.T.3) برای اندازه‌گیری قطر آوندها (۱) و محاسبه فراوانی حفره‌های آوندی (۲)

Figure 9. Example of the masked image of sample 2021.G.T.3 to measure the diameter of vessels (1), calculate the frequency of vascular cavities (2)

مشخصی هستند و بیشتر گونه‌های چوبی به‌طور طبیعی اسیدی و pH بین ۴ تا ۵/۵ دارند (Geffert, Geffertova, and Dudiak 2019). میزان اسیدیته در نمونه 2021.G.T.2 حکایت از اسیدی بودن نمونه دارد. مطالعات انجام شده بر روی اسیدیته چوب‌های ایرانی برای دو نمونه مشابه شناسایی شده برای چوب بلندمازو، اسیدیته ۵ تا ۵/۵ و چوب راش اسیدیته ۷ گزارش شده است (Sadeghifar et al., 2010). در هر دو گونه شناسایی شده، تغییرات اسیدیته محسوسی دیده نمی‌شود. هرچند در نمونه راش تاحدودی اسیدیته نمونه بر

pH سنجی نمونه‌های چوب: برای شناسایی اسیدیته چهار نمونه 2021.G.T.1، 2021.G.T.2، 2021.G.T.3 و 2021.G.T.8 ابتدا نمونه‌ها با آب مقطر (pH خنثی) مرطوب شد و بعد کاغذ pH سنج در بر روی آن قرار گرفت. یادآوری می‌شود این آزمایش در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. مدت زمان مرطوب شدن کاغذ، یک دقیقه بود. در این یک دقیقه، کاغذ کاملاً خیس شد. نتیجه آزمایش در جدول ۲ ارائه شده است. به‌طور کلی گونه‌های چوبی دارای اسیدیته

اثر تخریب کاهش یافته است. یادآوری می‌شود که این شیوه به تنهایی برای گونه‌شناسی چوب، کامل و مورد پذیرش نیست، اما در کنار دیگر شیوه‌ها می‌تواند به روند شناخت بهتر، منجر شود.

جدول ۲- نتیجه pH سنجی چهار نمونه چوب از بخش‌های مختلف شیرسرهای خانه تقوی گرگان

Table 2: The result of pH measurement of four wood samples from different parts of Shirsar of Taqavi house in Gorgan

2021.G.T.1	2021.G.T.2	2021.G.T.3	2021.G.T.8	Samples
6	4	6	6	pH

می‌باشد که در تبدیل سلولز به کار می‌رود. در بحث حفاظت از چوب‌های تاریخی، این ویژگی می‌تواند باعث فرسایش و تخریب چوب گردد (Veronica Diaz et al., 2021). آلترناریا در سال ۱۸۱۶ توسط Nees و با گونه تیپ *A. tenuis* معرفی و توصیف گردید. گونه‌های آلترناریا و جنس‌های مشابه آن *Nimbya*، *Ulocladium*، *Stemphylium* و *Embellisia* بیشتر به صورت غیرجنسی دیده می‌شوند و فرم جنسی آنها کمتر تشکیل می‌شود. به همین دلیل، تاکسونومی و شناسایی این قارچ‌ها بر پایه فرم غیرجنسی آنها پایه‌ریزی شده است. گونه‌های آلترناریا و جنس‌های مشابه عمدتاً ساپروفیت هستند (Geng et al., 2014). کلادوسپوریوم برای اولین بار توسط پرسون روی چوب‌های پوسیده آغاز گردید (David 1997). پرگنه این قارچ‌ها روی میزبان پراکنده تا مجتمع است. بیشتر به رنگ سبز زیتونی متمایل به قهوه‌ای تا قهوه‌ای تیره دیده می‌شود. گونه‌های کلادوسپوریوم بیشتر به صورت بیمارگر گیاهان، گندرو در خاک و یا روی مواد گیاهی خشک یا فرا انگل سایر قارچ‌ها زندگی می‌کنند (Amirmijani, 2019).

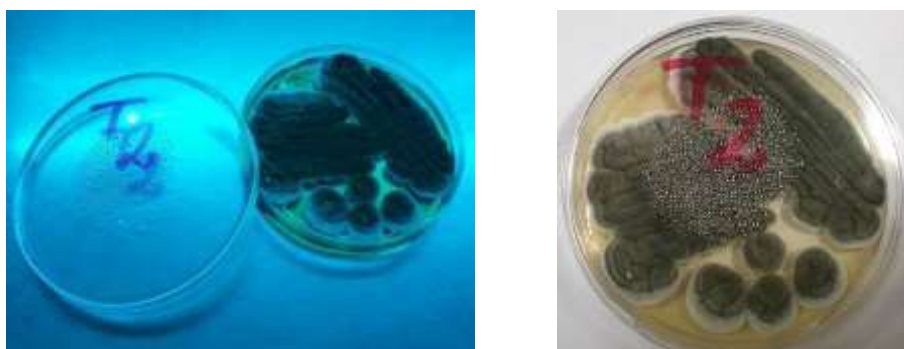
مطالعات بیولوژی: کشت و شناسایی قارچ: بعد از آنکه قارچ‌ها بر روی محیط کشت رشد کردند، از آنها لام میکروسکوپی تهیه گردید تا بتوان جنس و گونه آنها را مورد مطالعه قرار داد. در مراحل بررسی میکروسکوپی و مطالعه بر روی قارچ‌ها، تصاویری از نمونه قارچ‌ها تهیه شده است (شکل ۱۰ تا ۱۷). همچنین نتیجه شناسایی قارچ‌ها در جدول ۳ ارائه شده است.

کلنی اسپرژیلوس تریوس به رنگ دارچینی یا قهوه‌ای تیره دیده می‌شود. سطح کلنی کرکی یا مخملی و دارای رشد سریع است، وزیکول این قارچ کوچک (به قطر ۱۰ تا ۱۵ میکرون) بوده و فیالیدها در نیمی از سطح وزیکول در یک یا دو ردیف قرار دارند. نوعی کنیدی ثانوی نیز دیده می‌شود که گاه از فیالوکونیدی‌ها بزرگترند (به قطر ۶ تا ۷ میکرون) و به‌طور مستقیم در اطراف هایف‌های کوتاه ایجاد می‌شوند. ابعاد کونیدی ۴/۲-۸/۱ یا ۵/۲-۲ میکرون است. آلووروسپورها که ۶ تا ۷ میکرون قطر دارند نیز ایجاد می‌شوند (Qiu et al., 2021). اسپرژیلوس نایجر از قارچ‌های رشته‌ای است که معمولاً در همه نقاط کره زمین می‌تواند یافت شود. این قارچ تولیدکننده کارآمد آنزیم‌های هیدرولیتیک مانند سلولازها



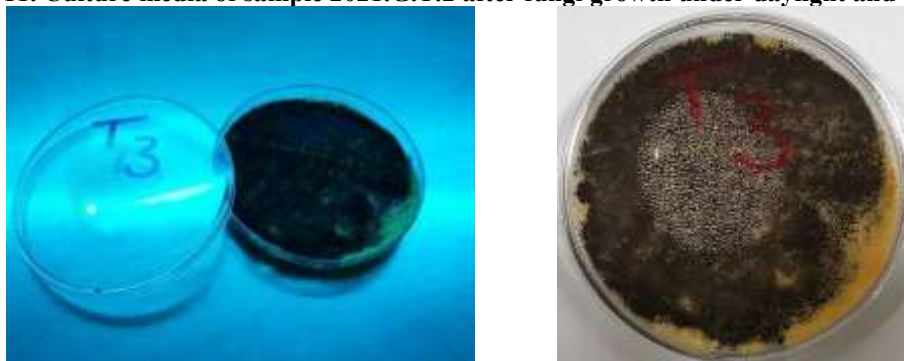
شکل ۱۰- محیط کشت نمونه 2021.G.T.1 پس از رشد قارچ در زیر نور روز و نور UV

Figure 10. Culture media of sample 2021.G.T.1 after fungi growth under daylight and UV light



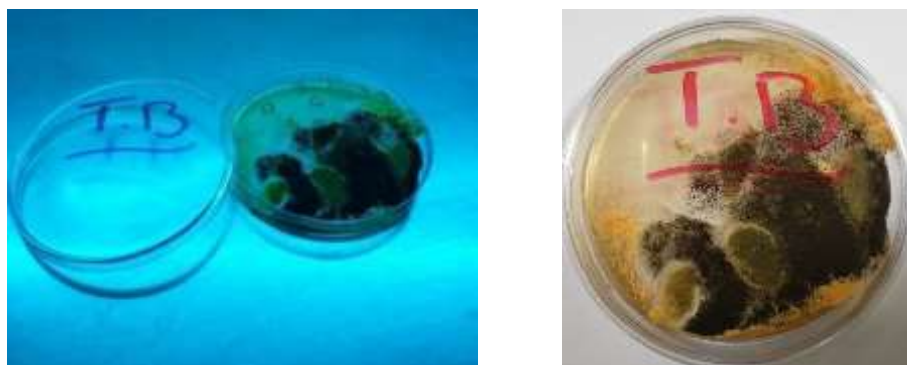
شکل ۱۱- محیط کشت نمونه 2021.G.T.2 پس از رشد قارچ در زیر نور روز و نور UV

Figure 11. Culture media of sample 2021.G.T.2 after fungi growth under daylight and UV light



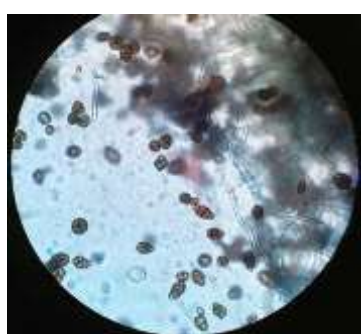
شکل ۱۲- محیط کشت نمونه 2021.G.T.3 پس از رشد قارچ در زیر نور روز و نور UV

Figure 12. Culture media of sample 2021.G.T.3 after fungi growth under daylight and UV light



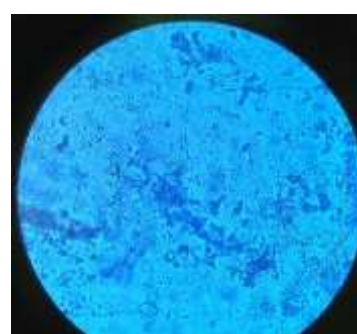
شکل ۱۳- محیط کشت نمونه 2021.G.T.8 پس از رشد قارچ در زیر نور روز و نور UV

Figure 13. Culture media of sample 2021.G.T.8 after fungi growth under daylight and UV light



شکل ۱۵- آلترناریا

Figure 15. Alternaria



شکل ۱۴- آسپرژیلوس تریوس

Figure 14. Aspergillus Terrus



شکل ۱۷- کلادوسپوریوم

Figure 17. Cladosporium



شکل ۱۶- آسپرژیلوس نایجر

Figure 16. Aspergillus niger

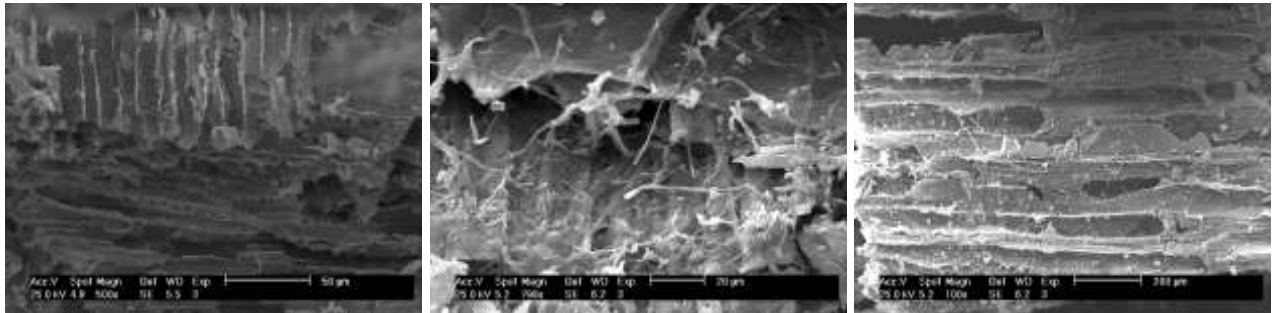
جدول ۳- نتیجه به دست آمده از شناسایی قارچ در چهار نمونه چوب مورد مطالعه

Table 3- The result obtained from the identification of fungi in the four studied wood samples

The results - genus and species of fungal infection	samples
Aspergillus Terrus ; Alternaria	2021.G.T.1
Aspergillus Terrus	2021.G.T.2
Aspergillus niger; Cladosporium	2021.G.T.3
Aspergillus niger; Cladosporium, Aspergillus Terrus	2021.G.T.8

در تصویر دیده می‌شود، دیواره سلولی در این نمونه چوب دچار تضعیف شده و در حال فروپاشی است. همچنین رشد قارچ‌ها در میان ساختار چوبی به وضوح دیده می‌شود.

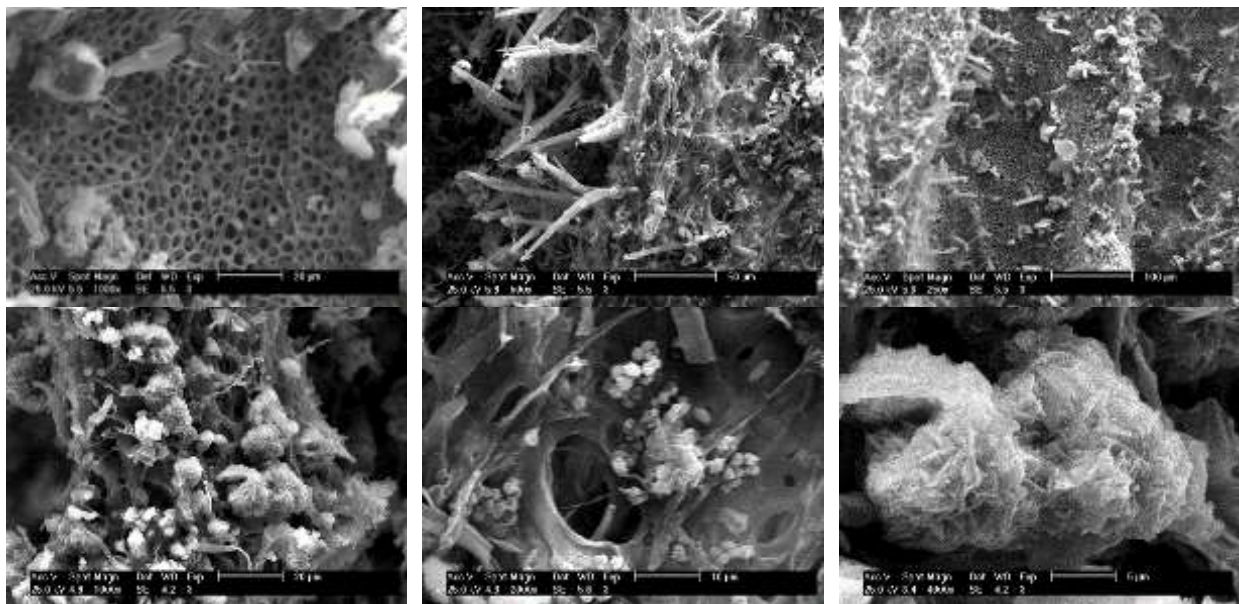
میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM: نمونه 2021.G.T.1 با میکروسکوپ الکترونی روبشی با بزرگ‌نمایی‌های مختلف بررسی شد (شکل ۱۸). همانطور که



شکل ۱۸- میکروگراف SEM از نمونه 2021.G.T.1 با بزرگ‌نمایی ۱۰۰، ۵۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ برابر
Figure 18. SEM micrograph of sample 2021.G.T.1 with 100 X, 500 X, 800 X and 1000 X

تضعیف ساختار چوب شود (شکل ۱۹). قارچ‌های مخرب چوب از جمله عواملی هستند که سالانه خسارت‌های بسیاری در سراسر دنیا به محصولات و مصنوعات چوبی وارد می‌کنند. از این رو، برای بهبود دوام بیولوژیکی چوب و افزایش قابلیت کاربرد آن، روش‌های متعددی از فرایندهای اصلاح و حفاظت چوب استفاده شده است (Hajihassani *et al.*, 2022).

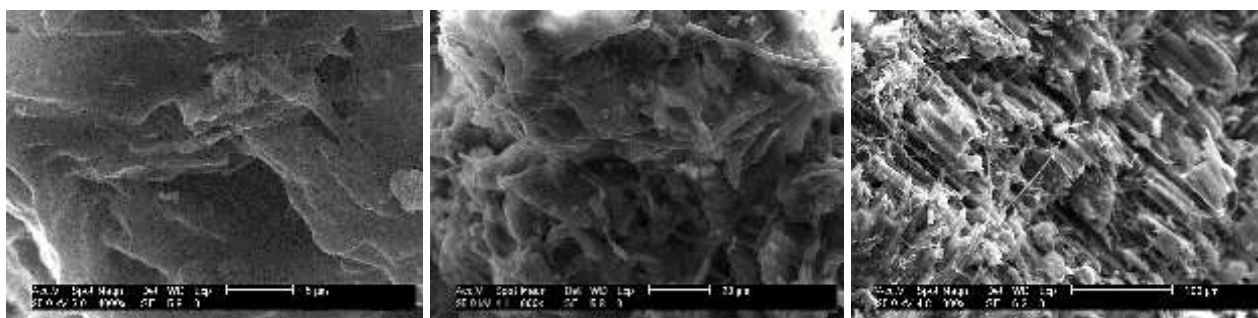
در میکروگراف‌های تهیه شده از نمونه 2021.G.T.2 که از مقطع عرضی با بزرگ‌نمایی ۲۵۰ و ۱۰۰۰، نشان‌دهنده سالم بودن دیواره سلولزی است، می‌توان استنباط کرد که اثر در حال حاضر دارای استحکام مناسب است. همچنین رشد قارچ در ساختار چوب دیده می‌شود که می‌تواند در آینده باعث



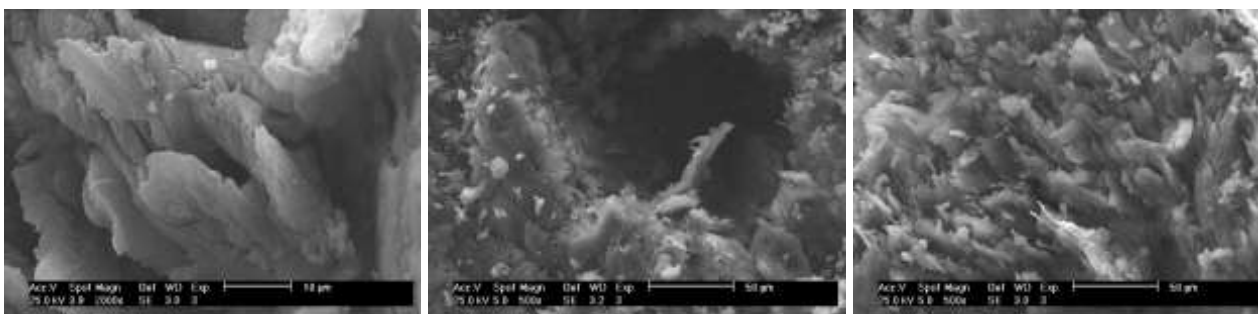
شکل ۱۹- میکروگراف SEM از نمونه 2021.G.T.2 با بزرگ‌نمایی‌های مختلف
Figure 19: SEM micrograph of sample 2021.G.T.2 with different magnifications

بیرونی باشد. از سویی، صمغ می‌تواند باعث رشد بهتر قارچ‌ها شود (شکل ۲۰). در میکروگراف‌های تهیه شده از نمونه 2021.G.T.8 وجود رزین‌های سطحی به همراه گردوغبار جذب شده مشاهده می‌شود. دیواره‌های سلولزی به شدت دچار اضمحلال شده و شاهد گسستگی و گسیختگی بین لایه های سلولزی هستیم (شکل ۲۱).

در میکروگراف‌های تهیه شده از نمونه 2021.G.T.3 نشان می‌دهد که دیواره‌های سلولزی دچار تخریب شده است. همچنین نکته قابل توجه، وجود صمغ در ساختار چوب است که در بزرگ‌نمایی‌های ۹۰۰ و ۴۰۰۰ برابر کاملاً قابل مشاهده است. وجود صمغ از نظر آماده‌سازی قطعات چوب برای استفاده در ساختمان، یک عامل منفی محسوب می‌شود ولی گاهی می‌تواند باعث حفاظت چوب نسبت به برخی از عوامل



شکل ۲۰- میکروگراف SEM از نمونه 2021.G.T.3 با بزرگ‌نمایی ۳۰۰ برابر، ۹۰۰ برابر و ۴۰۰۰ برابر
Figure 20. SEM micrograph of sample 2021.G.T.3 with 300X, 900X and 4000X



شکل ۲۱- میکروگراف SEM از نمونه 2021.G.T.8 با بزرگ‌نمایی ۵۰۰ برابر و ۲۰۰۰ برابر
Figure 21. SEM micrograph of sample 2021.G.T.8 with 500X, 1000X and 2000X

ای از آنها تهیه شد. برای رسیدن به نتیجه بهتر، از هر نمونه دو آنالیز از دو قسمت مختلف نمونه تهیه شد که در جدول ۴ قابل مشاهده است.

شناسایی رنگدانه‌ها (EDS): برای شناسایی چهار رنگ‌زای استفاده شده برای تزیین و نقاشی شیرسر فضای داخلی خانه تقوی، به دلیل ارزشمند بودن و اندک بودن نمونه رنگ‌ها، به میزان کمی نمونه‌برداری شد و آنالیز عنصری نقطه

جدول ۴- نتیجه آنالیز عنصری EDS از چهار نمونه رنگ (از دو بخش مختلف از هر نمونه آنالیز تهیه شده است)

Table 4. The result of EDS elemental analysis of four paint samples (prepared from two different parts of each analysis sample)

Elements samp	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Cl	Pb	Fe	Ni	As
2021.G.T.4	2.1	2.08	18.02	58.59	11.2	8.01	-	-	-	-	-	-
	2.05	2.02	16.89	51.39	11.34	9.61	6.7	-	-	-	-	-
2021.G.T.5	-	-	0.84	-	-	-	1.98	-	97.18	-	-	-
	-	-	-	-	-	1.38	1.68	-	96.93	-	-	-
2021.G.T.6	-	3.99	7.37	23.18	4.94	5.5	40.26	1.9	-	5.02	7.84	-
	-	8.04	4.19	15.08	14.64	5.14	41.95	1.41	-	5.03	4.52	-
2021.G.T.7	-	7.1	5.08	18.74	19.89	4.57	32.27	-	-	4.61	-	7.73
	-	4.57	5.42	20.51	16.39	4.74	34.56	2	-	6.36	-	5.46

گردد. به دلیل ضخامت کم لایه رنگ مشکی، در آنالیز انجام شده لایه زیرین که مربوط به پرکننده لایه تدارکاتی سفید است نیز شناسایی شده است. در واقع، برای نوشتن کتیبه مشکی بر روی چوب، از رنگ سیاه کربن استفاده شده است.

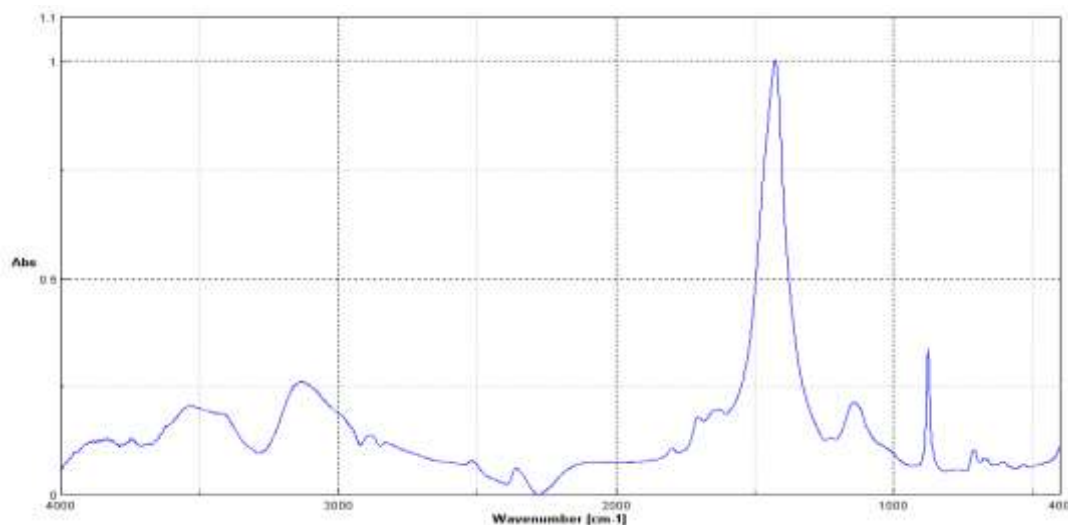
بر روی نمونه 2021.G.T.7 که مربوط به رنگ سفید (پرکننده لایه تدارکاتی) است، آنالیز عنصری نقطه‌ای انجام شد. در نتیجه آنالیز مشخص شد که پرکننده سفید که بر سطح قطعات چوبی اجرا شده است، دارای عنصر تأثیرگذار مانند کلسیم، سولفور، منیزیم و سیلیسیم است. بنابراین می‌توان این گونه استنباط کرد که رنگ سفید، مخلوطی از گل گیوه (هانتیت) با فرمول شیمیایی $Mg_3Ca(CO_3)_4$ با گچ ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) است. در این صورت، سیلیس نیز می‌تواند به عنوان ناخالصی گچ قابل توجه باشد. استفاده از گل سفید و گل گیوه به عنوان پرکننده لایه تدارکاتی در دیوارنگاره‌های تاریخی ایران مرسوم بوده است ولی از گچ، کمتر به عنوان پرکننده یا رنگ سفید استفاده می‌شده است.

علاوه بر آزمایش انجام شده، از این نمونه طیف‌سنجی FT-IR انجام شد (شکل ۲۲) که جذب قوی در باند cm^{-1} ۱۴۹۰ یک پیک شاخص ایجاد کرد که مربوط به بنیان کربنات است (Roonasi and Holmgren, 2010). در ادامه، با طیف شاهد از گل سفید مقایسه شد که در بخش‌های اصلی مشابه است (شکل ۲۳).

نمونه 2021.G.T.4 که مربوط به رنگ آبی است دارای عناصری از جمله Na, Ca, S, Al, Si است که می‌توان گفت عناصر شاخص از رنگدانه لاجورد می‌باشد. رنگدانه لاجورد با فرمول شیمیایی $(Na,Ca)_8[(S,Cl,SO_4,OH)_2](Al_6Si_6O_{24})$ است. لاجورد یک کانی نیست، در واقع سنگی متافورمیک متشکل از چندین کانی مختلف میکا، کلسیت (نقاط ناخالصی سفید روی آن)، دیوپسید، هورنبلند، اوگیت، هونیت و پیریت است که کانی اصلی آن لازوریت و سودالیت (آبی) می‌باشد (Gambardella et al., 2020; Angelici et al., 2015).

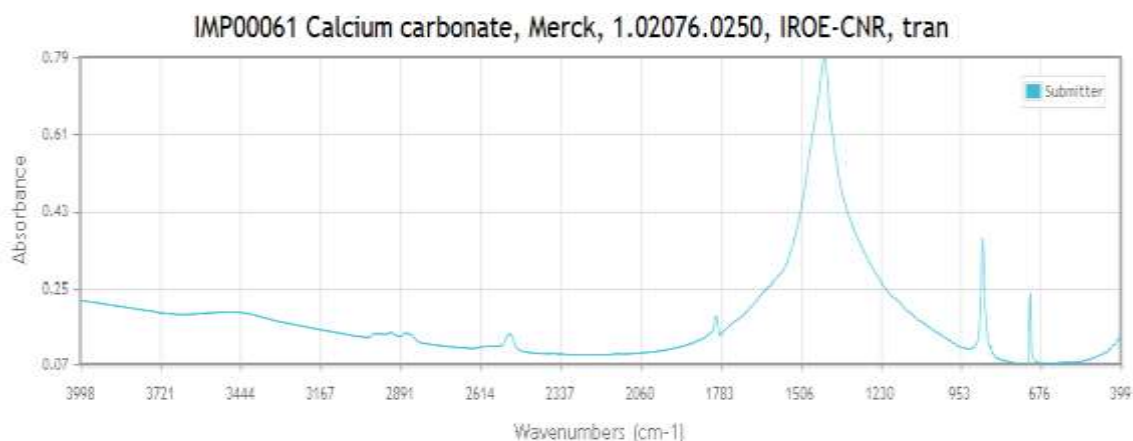
از نمونه 2021.G.T.5 که مربوط به رنگ قرمز-نارنجی است، آنالیز عنصری تهیه گردید. بیش از ۹۵ درصد سرب شناسایی شده است که می‌توان گفت رنگدانه استفاده شده برای رنگ قرمز، سرنج است. یادآوری می‌شود که مقدار بسیار کمی کلسیم، پتاسیم و آلومینیوم نیز در آنالیز عنصری شناسایی شد (جدول ۴). سرنج یا تترا اکسید سرب (Red lead Pb_3O_4 : tetroxide) با فرمول شیمیایی (Svarcova et al., 2020) یکی از رنگدانه‌های پرکاربرد در گذشته بوده است.

بر روی نمونه 2021.G.T.6 که مربوط به رنگ مشکی کتیبه است، ابتدا آزمون شعله انجام شد. در این آزمون مشخص شد که بخش عمده رنگ‌زا مربوط به کربن است. در ادامه، آنالیز عنصری نقطه‌ای انجام شد تا مواد معدنی آن هم شناسایی



شکل ۲۲- طیف FTIR از نمونه پرکننده لایه تدارکاتی

Figure 22: FTIR spectrum of the Primary layer filler sample



شکل ۲۳- طیف شاهد از FTIR گل سفید (منبع: www.irug.org)

Figure 23. Control spectrum from FTIR of white clay (source: www.irug.org)

نتیجه‌گیری

هنرهای در حال فراموشی است که فن‌شناسی و شناخت دقیق مواد به‌کاررفته در ساخت آنها به حفظ اینگونه آثار کمک به سزایی خواهد کرد.

در قدم اول با میکروسکوپ دیجیتال، سطوح رنگی و سطوح چوبی شیرسرها بررسی شد که مشاهدات اولیه بر تخریب مواد متشکله چوب ناشی از عوامل بیولوژیک و کاهش استحکام و انسجام چوب دلالت دارد. یادآوری می‌شود که نمونه 2021.G.T.2 نسبت به سه نمونه دیگر بیشتر تخریب شده است. همچنین لایه رنگ در برخی بخش‌ها به

خانه تقوی یکی از شاخص‌ترین خانه‌های تاریخی گرگان است. آرایه‌های معماری این بنا شامل شیرسره‌های چوبی نقاشی شده، آرایه‌های آجری و گره‌چینی چوبی است. در گرگان کاربرد و استفاده چوب در نقش‌های غیرسازه‌ای فارغ از دوره تاریخی رواج و اهمیت داشته است. برای حفظ صحیح شیرسره‌های چوبی نقاشی شده در این بنای ارزشمند، لازم بود تا مطالعه فنی (شناخت مواد، شناخت ساختار، شناخت آسیب) انجام شود. نقاشی و کتیبه‌نویسی روی چوب، یکی از

مشخص کرد که از چوب‌های راش خزر (*Fagus orientalis*) (Libsky) یکی از مهمترین گونه‌های پهن‌برگ تیره راش در شمال ایران) و چوب بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) از چوب‌های مربوط به جنگل‌های هیرکانی گرگان استفاده شده است. نتایج حکایت از استفاده از چوب‌ها بومی شمال در ساخت شیرسرها دارد.

حفاظت از چوب در بناهای تاریخی که آرایه‌های رنگی نیز بر روی آن اجرا شده، کار پیچیده‌ای است. چالش این کار مربوط به ویژگی‌های چندگانه مادی اثر و تاریخی بودن آن است که در مداخلات انجام شده و در استفاده از مواد شیمیایی باید مد نظر قرار گیرد. در واقع، برای حل این مشکل، ابتدا باید بخش‌های مختلف اثر از نظر نوع ماده به خوبی شناسایی گردد و در ادامه، تغییراتی که در طول مدت ایجاد شده و در این جا به عنوان آسیب شناخته می‌شود مورد توجه قرار گیرد. پس از شناخت کامل اثر، می‌توان راهکار حفاظتی برای آن ارائه نمود. برای مثال، مقابله با قارچ در چوب‌های معمول متفاوت از (برای از بین بردن قارچ) چوب‌های تاریخی نقاشی شده است. در واقع مواد مورد استفاده، به جز اینکه قارچ‌ها را از بین می‌برد، نباید اثر منفی بر روی لایه رنگ تاریخی داشته باشد. دیگر مراحل مرمتی و حفاظتی هم به همین صورت از حساسیت بالایی برخوردار است. در این مطالعه، ساختارشناسی مواد تشکیل‌دهنده شیرسرها انجام شد و آسیب‌های شاخص بوجود آمده شناسایی گردید. این مطالعه، پیش‌زمینه حفاظت از اثر است و به همین دلیل دارای اهمیت می‌باشد.

منابع مورد استفاده

- Amini, M., Namiranian, M., Sagheb Talebi, Kh. and Amini, R., 2009. Investigation on The Homogeneity of Diameter Increment Models in *Fagus orientalis* L. Trees. Journal of Wood and Forest Science and Technology, 16(4):1-23.
- Amirmijani, A., 2019. Important Characters in Identification of *Cladosporium*. Plant Pathology Science, vol. 8(1): 50-59.
- Angelici, D., Borghi, A., Chiarelli, F., Cossio, R., Gariani G., Lo Giudice, A., Re, A., Pratesi, G. and

صورت پودری درآمده و در قسمت‌هایی دچار ریزترک و ضعف اتصال با زمینه چوبی شده است. در مرحله بعد، گونه شناسی چوب انجام شد که در نتیجه، نمونه 2021.G.T.1 از چوب راش و دو نمونه 2021.G.T.3 و 2021.G.T.8 از چوب بلندمازو، یکی از مهمترین گونه‌های بلوط بومی جنگل‌های هیرکانی است. همچنین اسیدیتته نمونه 2021.G.T.2 حکایت از اسیدی بودن نمونه دارد و سه نمونه دیگر تقریباً در شرایط نرمال هستند. در آثار چوبی بناهای تاریخی، pH اگر ۶ باشد، نرمال محسوب می‌گردد. کشت و شناسایی قارچ دیگر مرحله مطالعاتی بر روی نمونه‌های چوب تاریخی بود که در نتیجه، قارچ‌هایی از نوع اسپرژیلوس تریوس، آلترناریا، اسپرژلوس نایجر و کلادوسپوریوم شناسایی شد. میزان قارچ و تنوع قارچ در نمونه 2021.G.T.8 نسبت به دیگر نمونه‌ها بیشتر است. اسپرژلوس به دلیل تولید آنزیم پکتیناز توانایی تجزیه مواد گیاهی را دارد که برای آثار چوبی تاریخی عامل آسیب‌رسان محسوب می‌شود. همچنین شایان ذکر است که قارچ آلترناریا فقط در نمونه 2021.G.T.1 شناسایی شد. حفاظت‌گران آثار تاریخی باید تمهیداتی بیندیشند تا این چهار نوع قارچ شناسایی شده از سطح و ساختار آثار چوبی تاریخی از بین برود بدون اینکه به چوب‌های تاریخی آسیبی برسد.

در نتیجه، بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی در نمونه‌هایی که دیواره سلولی در حال تخریب بود یا تخریب شده بود شناسایی گردید. همچنین در برخی قسمت‌ها دیواره‌های سلولزی به شدت دچار اضمحلال شده و شاهد گسستگی و گسیختگی بین لایه‌های سلولزی بودیم. در نهایت، رنگ زاهای مربوط به نقوش و کتیبه نوشتاری روی چوب در شیرسره‌های تاریخی شناسایی گردید (رنگ آبی، لاجورد است؛ رنگ قرمز، سرنج شناسایی شد). برای نوشتن کتیبه مشکی بر روی چوب از مخلوط رنگ سیاه کربن و رنگ سیاه آهن استفاده شده است. رنگ سفید زمینه که هم در نقش پرکننده لایه تدارکاتی و هم زمینه نقوش و کتیبه است، گل سفید (کربنات کلسیم) شناسایی شد.

بررسی کمی و کیفی از مقاطع میکروسکوپی نمونه‌ها،

- nanocellulose for wood consolidation. *Journal of Cultural Heritage* 35: 140-144.
- Harandi, D. and Moradienayat M., 2023. Multifunctional PVB nanocomposite wood coating by cellulose nanocrystal/ZnO nanofiller: Hydrophobic, water uptake, and UV-resistance properties. *Progress in Organic Coatings* 179: 107546.
- Hill, C.A., 2006. Wood modification: chemical, thermal and other processes (Vol. 5), John Wiley and Sons, USA, 264 p. ISBN: 978-0-470-02172-9.
- Hijazi, R., 1978. Principles of Wood Dissection: Dissection and Key to Microscopic Identification of the Most Important Woods of Iran. Tehran: University of Tehran.
- Hoadley, B.R., 1998. Wood as a Physical Surface for paint Application. Painted Wood: History and Conservation, the Getty Conservation Institute, Los Angeles: 2-16.
- Ismaili, F., Khodadad, M. and Moradi, A., 2021. Economic Impact of Second Homes Tourism on Tourism Target Villages (Case Study: Toshan Gorgan Village). *Tourism and Leisure Time*; 6(11): 129-139. doi: 10.22133/tlj.2021.315833.1022.
- Koochakzadeh, A., Hamzavi, Y. and Sultanzadeh Mousavi M., 2022. Characterization of the mural blue paintings in ornamental motif of Ali Qapu palace in Isfahan, Iran, using spectroscopic and microscopic methods (a case study). *Journal of Archaeological Science: Reports*, Volume 45, <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2022.103632>.
- Koochakzadeh, A., Jelodarian Bidgoli, B. and Naserahari, M., 2024. A Multi-Analytical Approach to Identify Colorants in the Qajar Painted Wooden Decorative False Ceilings, From Northwest Iran. *Microscopy and Microanalysis*, Vol. 30, Isu. 2: 401-414, <https://doi.org/10.1093/mam/ozae029>.
- Koochakzadeh, A., Mohammadi Achachluei, M. and Borzouyan Dastjerdi, M., 2024. 'A Micro-Analytical Approach for Pigments Identification on Qajarid Wooden Panels in Isfahan: Identification of Conichalcite as a Degradation Product of Emerald Green', *Progress in Color, Colorants and Coatings*, (), pp. -. doi: 10.30509/pccc.2024.167302.1294
- Panahi, P., Jamzad Z., Pourmajidian MR., Fallah A. and Pourhashemi M., 2011. A revision of chestnut-leaved oak (*Quercus castaneifolia* CA Mey.; Fagaceae) in Hyrcanian Forests of Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 9 (2): 145-158.
- ParsaPajouh, D. and Grober, Sh., 2011. Wood Atlas of Northern Iran: Description and Microscopic Identification of Important Species. Tehran: University of Tehran.
- Vaggelli, G., 2015. μ -XRF Analysis of Trace Elements in Lapis Lazuli-Forming Minerals for a Provenance Study. *Microsc Microanal*; 21(2): 526-33. doi: 10.1017/S143192761500015X. Epub 2015 Mar 18. PMID: 25782348.
- David J.C., 1997. A contribution to the systematics of Cladosporium. Revision of the fungi previously referred to Heterosporium. *Mycological Papers* 172:1-157.
- Díaz, GV., Coniglio, RO., Chungara, CI., Zapata, PD., Villalba, LL. and Fonseca MI., 2020. *Aspergillus niger* LBM 134 isolated from rotten wood and its potential cellulolytic ability. *Mycology*, 12(3):160-173. doi: 10.1080/21501203.2020.1823509. PMID: 34567828; PMCID: PMC8462884.
- Galperin, A., Kuleshov, G., Tarashkevich, V. and Shutov, G., 1995. Manufacturing and properties of modified wood: A review of 25 years work. *Holzforschung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood*, 49(1):45-50.
- Gambardella, AA., Cotte, M., De Nolf, W., Schnetz, K., Erdmann, R., Van Elsas, R., Gonzalez, V., Wallert, A., Iedema, PD., Eveno, M. and Keune, K., 2020. Sulfur K-edge micro- and full-field XANES identify marker for preparation method of ultramarine pigment from lapis lazuli in historical paints. *Sci Adv*, 1; 6(18): eaay 8782. doi: 10.1126/sciadv.aay8782. PMID: 32494666; PMCID: PMC7195155.
- Geffert, A., Jarmila, G. and Michal D., 2019. Direct method of measuring the pH value of wood. *Forests* 10 (10): 852.
- Geng, Y., Li, Z., Xia, L.Y., Wang, Q., Hu, X.M. and Zhang, X.G., 2014. Characterization and phylogenetic analysis of the mating-type loci in the asexual ascomycete genus *Ulocladium*. *Mycologia*, 106(4), 649-665
- Ghelichkhani, B., Etesam, I. and Mokhtabad amreie, S. M., 2014. An Analytical Approach to Body Evolutions in Gorgan Houses during Qajar Era. *Hoviatshahr*, 16(7): 51-62.
- Gurau, L., Timar, MC., Porojan, M. and Ioras, F., 2013. Image processing method as a supporting tool for wood species identification. *Wood Fiber Sci* 45 (3): 303-313.
- Hajihassani, R., Zamani, S.M., Farzi, M., Mojerlou, S. and Ghahri, S., 2022. Effect of brown rot fungus on the functional characteristics of heat treated wood. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 13(2), pp. 161-170. 20.1001.1.20089066.1401.13.2.4.4 (In Persian).
- Hamed, Safa Abd Al Kader, M., Mohammad Lotfy, H., 2019. A new mixture of hydroxypropyl cellulose and

- MOSQUE, WITH THE WOODEN MOSQUES IN THE EASTERN AZARBAIJAN. *ISLAMIC ART*, 2011;7(14):25-40.
- Švarcová, S., Kočí, E., Bezdička, P., Garrappa, S., Kobera, L., Plocek, J., Brus, J., Šťastný, M. and Hradil, D., 2020. Uncovering lead formate crystallization in oil-based paintings. *Dalton Trans*; 49(16): 5044-5054. doi: 10.1039/d0dt00327a. PMID: 32186568.
- Talebian, M.H. and Soltani, A., 2022. Typological Survey of Flat Wood Beam Ceilings in Historical Houses of Shiraz. *Journal of Iranian Architecture Studies*; 9(18): 71-87.
- Torkaman, J., Vazeri, M., Sandberg, D. and Mohammadi limaiei, S., 2019. Comparison Study in the Clear Wood Estimation of the Beech tree trunk (*Fagus orientalis* Libsky). *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 10(1), pp. 11-19. 20.1001.1.20089066.1398.10.1.2.9(In Persian).
- Yves, R. and Nathan, Lo., 2010. *Biology of Termites: a Modern Synthesis*. Ebook: Springer Netherlands. ISBN: 9789048139774, 9048139775. [https:// inside.wood.lib.ncsu.edu](https://inside.wood.lib.ncsu.edu). www.irug.org.
- Pasian khomri, R., Rajabali, H. and Mohammad F.Z., 2017. Evolution process indoor and semi-open space and outdoors (yard) in the historic house in the Qajar and the first Pahlavi periods. *Maremat & Me'mari-e Iran*, Vol.7.No.13: 91-106.
- Qiu, F., Yang J.S., Li, X., Xie C.P., Li, J. and Zheng, F.Q., 2021. First Report of *Bipolaris cactivora* Causing Flower Rot of Pitaya (*Hylocereus costaricensis*) in China. *Plant disease*, vol. 105, No. 4, Published Online, doi.org/10.1094/PDIS-09-20-2055-PDN
- Roonasi, P., Allan, H., 2010. An ATR–FTIR study of carbonate sorption onto magnetite. *Surface and Interface Analysis* 42 (6-7): 1118-1121.
- Sadeghifar, H., Ramin, V., Yashar, E., Seifollahi, J. and Abdol Ghaffar E., 2010. "pH, conductivity and buffer capacity of six Iranian wood species." *Asian Journal of Chemistry* 22 (2): 1615-1618.
- Schoch, W., Iris H., Fritz, H.S. and Felix K., 2004. *Wood anatomy of central European Species*. Swiss Federal Institute for Forest Birmensdorf, Switzerland.
- Soleimani, P., Farahmand B., Akbarifard M., 2011. **COMPARING THE STRUCTURE AND THE WOODEN ORNAMENTS OF ABYANEH JAME**