

Assessment of Environmental Parameters (Temperature, Humidity, Light, and Pollutants) in the Manuscript Library of the Golestan Palace World Heritage Site with a Preventive Conservation Approach

Azam Asgari¹, Manijeh Hadian Dehkordi², Nasrin Noohi³

1. Golestan Palace World Heritage Site, Tehran, Iran.

2. Research Center for Conservation of Cultural Relics, Research Institute of Cultural Heritage & Tourism, Tehran, Iran.

3. Research Center for Conservation of Cultural Relics, Research Institute of Cultural Heritage & Tourism, Tehran, Iran (Corresponding Author).

Email: nasrinnoohi@gmail.com

Article Info

 <https://doi.org/10.66224/Athar.1961.4030.1>

Pp: 165 - 186

Article Type:

Research Article

Article History:

Received: 2025/05/26

Revised: 2025/07/19

Accepted: 2025/08/12

Use your device to scan
and read the article online



Athar Journal

Journal of the Research Center for
Architecture and Urban Heritage, Research
Institute for Cultural Heritage and Tourism
(RICHT), Tehran, Iran.

Owner & Publisher:

Cultural Heritage and Tourism Research
Institute (RICHT), Tehran, Iran.

Journal Homepage: <https://athar.richt.ir/>

Abstract

The Library and Documentation Center of the Golestan Palace World Heritage Site, as one of the richest repositories of Iranian manuscripts, houses invaluable works from the Qajar and Pahlavi periods. The organic materials of these manuscripts, such as paper, leather, and ink, are highly sensitive to environmental conditions, with temperature, humidity, light, and pollutants playing a critical role in their preservation. In this study, as the first comprehensive assessment of the environmental conditions of the Golestan Palace Manuscript Library, the storage conditions were evaluated using a preventive conservation approach. Field data on temperature, relative humidity, light intensity, ultraviolet radiation, dust, and biological contamination were collected and compared with international standards. The results revealed that, with lighting sources on and curtains raised, light intensity (up to 700 lux) and ultraviolet radiation (up to 176 $\mu\text{W}/\text{m}^2$) exceeded permissible limits. The average temperature (26.3°C) and relative humidity (16.3%) with high fluctuations were outside standard ranges. Additionally, high dust concentrations and various bacterial and fungal microorganisms were detected in the storage air. The main reasons for dust and biological pollutants in this storeroom include its proximity to the palace's green spaces and its urban location with high traffic and movement. This study emphasizes the need for implementing preventive conservation strategies, such as establishing a regular environmental monitoring program, improving infrastructure facilities, sealing window gaps, modifying site cleaning methods (preventing dust dispersion), and controlling lighting conditions (both natural and artificial). The findings not only enhance the preservation of the valuable Golestan Palace collection but also serve as a model for other manuscript libraries and archives in Iran.

Keywords: Manuscripts, Preventive Conservation, Environmental Conditions, Golestan Palace, Environmental Monitoring.

Citations: Asgari, A., Hadian Dehkordi, M. & Noohi, N., (2026). "Assessment of Environmental Parameters (Temperature, Humidity, Light, and Pollutants) in the Manuscript Library of the Golestan Palace World Heritage Site with a Preventive Conservation Approach". *Athar*, 47(2): 165-186. <https://doi.org/10.66224/Athar.1961.4030.1>

Homepage of this Article: <https://athar.richt.ir/article-2-1961-en.html>



© The Author(s) Copyright © 2026 The Authors. Published by Cultural Heritage and Tourism Research Institute (RICHT).

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.



Introduction

The Golestan Palace Manuscript Library, part of the UNESCO World Heritage Site in Tehran, Iran, serves as a vital repository of Persian cultural heritage. It houses an invaluable collection of manuscripts, historical documents, scientific texts, and artistic works, predominantly from the Qajar and Pahlavi eras. Among its treasures are over 200 nationally registered items, including exquisite Qurans, fingernail-script manuscripts, and the six-volume illustrated “One Thousand and One Nights” commissioned by Naser al-Din Shah Qajar between 1269 and 1276 AH (1852–1859 CE). This masterpiece stands out for its vibrant calligraphy, illumination, and joyful colors, representing the pinnacle of late Qajar artistry. Additionally, three globally registered works, Baysonghori Shahnameh (Inventory No. 716), Khamsa of Nezami (No. 1913), and Jami’al-Tawarikh of Rashid al-Din (No. 2254), underscore the library’s international significance. These artifacts not only reflect Iran’s rich history, culture, and artistic legacy but also serve as essential resources for scholarly research worldwide.

Manuscripts, due to the organic nature of their materials, are highly vulnerable to environmental factors such as temperature, relative humidity, light intensity, UV radiation, dust, and biological pollutants (such as fungi and bacteria). Previous studies have demonstrated that unsuitable environmental conditions can accelerate chemical and physical degradation processes; for instance, excessive light can cause color fading and paper brittleness, while high humidity facilitates fungal growth. In manuscript storage facilities, the lack of adequate ventilation systems, insufficient light control, and the presence of biological contaminants can lead to irreparable damage. These challenges are particularly pronounced in the historic and landscaped context of the Golestan Palace complex, located in the bustling heart of Tehran, complicating the preservation of manuscripts even further.

In this regard, a preventive conservation approach, which focuses on preventing potential damage through the management of environmental conditions and the identification or reduction of risk factors, can be an effective strategy for safeguarding this invaluable heritage. This requires the measurement and monitoring of environmental parameters and awareness of their status.

Despite the importance of environmental research for the preservation of museum collections and historical documents, including the manuscript repository of the Golestan Palace, such investigations are rarely conducted in the country. This study, adopting a preventive conservation approach, aims to assess and monitor environmental factors including temperature, relative humidity, light intensity, UV radiation, and biological pollutants in the Golestan Palace library repository using scientific tools and methods. The goal of this research is to answer the question: “How do the environmental conditions of the Golestan Palace manuscript repository compare to the defined standards for institutions such as museums and archives, and what strategies can be proposed to improve the preservation conditions and mitigate the threats to these valuable works?”

Discussion

In this study, a comprehensive assessment of environmental parameters was conducted in the manuscript library of the Golestan Palace. The evaluation focused on key factors including temperature, relative humidity, light intensity, UV radiation, dust levels, and biological pollutants.

Field measurements were taken using precise instruments such as data loggers for temperature and humidity, lux meters for light intensity, and UV sensors for measuring ultraviolet exposure. Dust was sampled passively with 23 microscopic slides placed at various heights and locations in the storage and experts' room for 90 days, analyzed under a polarizing microscope to identify particle composition, with density estimated using Terry and Chilingar's visual comparison chart. Furthermore, biological contamination was assessed via the Omeliansky sedimentation method. The data were then compared with international standards established by organizations such as the National Information Standards Organization (NISO), the Canadian Conservation Institute (CCI), and the Image Permanence Institute (IPI).

The study's findings reveal significant environmental challenges in the Golestan Palace manuscript library. Light intensity measurements showed peaks of 700 lux and UV radiation up to 176 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ when curtains were raised, far exceeding the recommended 50 lux for sensitive materials like manuscripts. These conditions risk photochemical degradation, causing fading and brittleness in paper and inks. Temperature averaged 26.3°C, and relative humidity was critically low at 16.3% (9.7–26.8%), deviating from CCI standards (18–20°C, 45–55% RH). Low humidity increases paper brittleness and static electricity, attracting dust, while temperature fluctuations cause material expansion and contraction. The calculated isoperm index (63.5) indicates acceptable but suboptimal preservation conditions.

High dust levels, comprising plant pollen, urban soot, and paper fragments, were found, particularly near windows and high-traffic areas. This is attributed to the library's proximity to green spaces and urban traffic, with open window gaps and inadequate ventilation filters exacerbating contamination. Microbial analysis identified fungi (*Aspergillus*, *Penicillium*) and bacteria (*Staphylococcus*, *Bacillus*) in the air, with higher concentrations (up to 885 CFU/m³) in high-traffic zones like the experts' room. These microorganisms, thriving in dust and fluctuating humidity, pose risks of biodeterioration.

Conclusion

The assessment of environmental parameters in the manuscript library of the UNESCO World Heritage Site, Golestan Palace, reveals critical insights into the preservation conditions of its invaluable collections. As a repository of rare manuscripts from the Qajar and Pahlavi periods, the library's environmental management is vital for safeguarding these irreplaceable artifacts. The study demonstrated that several environmental parameters, specifically light intensity, ultraviolet radiation, temperature, and relative humidity, exceeded the recommended international standards, placing the manuscripts at considerable risk of degradation.

To address these challenges, a multi-tiered preventive conservation framework is proposed. Short-term interventions include installing UV filters, keeping curtains lowered, and minimizing artificial lighting during non-essential hours. Medium-term solutions involve deploying HEPA-filtered HVAC systems and humidifiers to stabilize environmental conditions. Long-term strategies encompass infrastructure upgrades like window sealing and enhanced cleaning protocols to reduce dust and microbial infiltration. Staff training in environmental monitoring and conservation practices is crucial for sustainable implementation.



This research not only highlights the urgent need for improved environmental management practices at the Golestan Palace library but also serves as a model for other manuscript libraries in Iran and beyond. By addressing the identified challenges and prioritizing the implementation of these preventive measures, we can enhance the longevity and integrity of these cultural treasures for future generations to appreciate. The collaborative efforts of conservators, museum professionals, and relevant authorities will be essential in redefining approaches to the preservation of these delicate artifacts, ensuring they remain safeguarded against the ravages of time and environmental factors.

Acknowledgments

The authors hereby express their gratitude and appreciation to Ms. Afrin Emami (Director of the Golestan Palace World Heritage Site), Mr. Jabbar Avaj (Executive Deputy of Golestan Palace), Ms. Nasrin Marjani (Property Custodian of the Golestan Palace Manuscript Library Repository), Dr. Alireza Anisi (Former Research Deputy of Research, Research Institute of Cultural Heritage and Tourism), and Mr. Hassan Mirza Mohammad Alaedini (Former Property Custodian of the Golestan Palace Manuscript Library Repository) for their support and cooperation.

Author Contribution

This research is derived from the first author's doctoral dissertation. The primary data collection, encompassing all observational and analytical components, was conducted by the first author under the direct supervision and mentorship of the second and third authors.

Conflict of Interest

In adherence to ethical publication standards, the authors affirm that there are no conflicts of interest, either personal or financial, that could have influenced the content or conclusions presented in this research.



ارزیابی پارامترهای محیطی (دما، رطوبت، نور و آلاینده‌ها) در کتابخانهٔ نسخ خطی مجموعهٔ میراث جهانی کاخ گلستان با رویکرد حفاظت پیش‌گیرانه

اعظم عسگری^۱، منیژه هادیان‌دهکردی^{II} ID، نسرین نوحی‌باباجان^{III} ID

I. کارشناس مجموعه میراث جهانی کاخ گلستان، تهران، ایران.

II. پژوهشکدهٔ حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران.

III. پژوهشکدهٔ حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران (نویسندهٔ مسئول).

Email: nasrinnoohi@gmail.com

اطلاعات مقاله

چکیده

<https://doi.org/10.66224/Athar.1961.4030.1>

نوع مقاله: پژوهشی

صص: ۱۸۶-۱۶۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۱

کتابخانه و مرکز اسناد مجموعه میراث جهانی کاخ گلستان، به‌عنوان یکی از گنجینه‌های نسخ خطی در ایران، دارای آثاری ارزشمند از دوره‌های قاجار و پهلوی است. مواد آلی این نسخ، مانند کاغذ، چرم و مرکب، به شرایط محیطی حساس‌اند و دما، رطوبت، نور و آلاینده‌ها در دوام آن‌ها نقش کلیدی دارند. در این مطالعه، به‌عنوان نخستین ارزیابی جامع شرایط محیطی کتابخانه نسخ خطی کاخ گلستان، شرایط مخزن با رویکرد حفاظت پیش‌گیرانه بررسی شد. داده‌های میدانی شامل دما، رطوبت نسبی، شدت نور، اشعه فرابنفش، گردوغبار و آلودگی‌های بیولوژیکی جمع‌آوری و با استانداردهای جهانی مقایسه شدند. نتایج نشان داد که در مواقع روشن بودن منابع روشنایی و بالا بودن پرده‌های مخزن شدت نور (تا ۷۰۰ لوکس) و اشعه فرابنفش (تا $176 \mu\text{W}/\text{m}^2$) از حدود مجاز فراتر است. دمای میانگین ($26/3^\circ\text{C}$) درجه سانتی‌گراد) و رطوبت نسبی ($66/3\%$) با نوسانات بالا، خارج از محدوده استاندارد بودند. هم‌چنین، نتایج حاکی از غلظت بالای گردوغبار بود و میکروارگانیسم‌های مختلف متعلق به جنس‌های مختلف باکتریایی و قارچی در هوای مخزن شناسایی شدند. از جمله دلایل اصلی گرد و غبار و آلاینده‌های بیولوژیک در این مخزن مجاورت آن با فضای سبز کاخ و هم‌چنین موقعیت شهری آن به لحاظ ترافیک و تردد زیاد است. این پژوهش بر لزوم اجرای راهبردهای حفاظت پیش‌گیرانه هم‌چون اجرای برنامه پایش منظم شرایط محیطی، اصلاح زیرساخت‌های تأسیساتی، مسدود کردن درزهای پنجره‌ها و اصلاح شیوه نظافت محوطه (ممانعت از پخش کردن گرد و خاک) و هم‌چنین کنترل شرایط نوری (طبیعی و مصنوعی) تأکید می‌کند. یافته‌های این پژوهش ضمن ارتقای سطح حفاظت از گنجینه ارزشمند کاخ گلستان، می‌تواند به‌عنوان الگویی برای سایر کتابخانه‌ها و آرشیوهای نسخ خطی در کشور مورد بهره‌برداری قرار گیرد.

کلیدواژگان: نسخ خطی، حفاظت پیش‌گیرانه، شرایط محیطی، کاخ گلستان، پایش محیطی.



فصلنامه علمی اثر

نشریه پژوهشکدهٔ میراث معماری و شهری، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران.

ناشر:

پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری

ارجاع به مقاله: عسگری، اعظم؛ هادیان‌دهکردی، منیژه؛ و نوحی، نسرین، (۱۴۰۵). «ارزیابی پارامترهای محیطی (دما، رطوبت، نور و آلاینده‌ها) در کتابخانهٔ نسخ خطی مجموعهٔ میراث جهانی کاخ گلستان با رویکرد حفاظت پیش‌گیرانه». اثر، ۴۷ (۲): ۱۸۶-۱۶۵. <https://doi.org/10.66224/Athar.1961.4030.1>
صفحهٔ اصلی مقاله در سامانهٔ نشریه: <https://athar.richt.ir/article-2-1961-fa.html>

مقدمه

کتابخانه نسخ خطی مجموعه میراث جهانی کاخ گلستان، به عنوان یک مرکز نگهداری اسناد و آثار خطی برجسته در ایران، گنجینه‌ای بی نظیر از نسخ خطی دوره‌های قاجار و پهلوی را در خود جای داده است. این مجموعه، شامل کتب نفیس، اسناد تاریخی، و آثار هنری با ارزش‌های علمی، فرهنگی و هنری است. بیش از ۲۰۰ اثر در این کتابخانه از جمله قرآن‌ها، نسخ خطی ناخنی، هزار و یک شب شش جلدی به ثبت ملی رسیده است. هزار و یک شب به عنوان یکی از نفیس‌ترین و زیباترین نسخ خطی مصور، به تاریخ ۱۲۶۹ الی ۱۲۷۶ ه.ش. به امر ناصرالدین شاه قاجار به رشته تحریر درآمده است. این گنجینه‌ی شش جلدی از لحاظ نگارگری و خط و رنگ‌های شاد و بهجت‌افزا در ردیف بهترین و عالی‌ترین آثار اواخر دوران قاجار است. هم‌چنین سه اثر دیگر این کتابخانه شامل: شاهنامه بایسنقری (شمارهٔ اموال ۷۱۶)، خمسه نظامی (شمارهٔ اموال ۱۹۱۳) و جامع‌التواریخ رشیدی (شمارهٔ اموال ۲۲۵۴)، ثبت جهانی شده‌اند (UNESCO, 2021). این آثار، نه تنها بازتاب‌دهنده تاریخ و فرهنگ ایران، بلکه منبعی ارزشمند برای پژوهش‌های بین‌المللی هستند (فریدونی و عمادی، ۱۳۹۱). مواد آلی تشکیل‌دهنده این نسخ، از جمله کاغذ دست‌ساز، چرم، مرکب‌های طبیعی و رنگدانه‌ها، آن‌ها را به آثاری شکننده و حساس تبدیل کرده که نیازمند حفاظت دقیق و علمی هستند.

نسخ خطی به دلیل ماهیت آلی مواد تشکیل‌دهنده‌شان، در برابر عوامل زیست‌محیطی مانند دما، رطوبت نسبی، شدت نور، اشعه فرابنفش، گردوغبار و آلودگی‌های بیولوژیکی (مانند قارچ‌ها و باکتری‌ها) بسیار آسیب‌پذیر هستند. مطالعات پیشین نشان داده‌اند که شرایط نامناسب محیطی می‌توانند فرایندهای شیمیایی و فیزیکی تخریب را تسریع کنند؛ برای مثال، نور بیش از حد باعث محوشدگی رنگ‌ها و شکنندگی کاغذ می‌شود، در حالی که رطوبت بالا رشد قارچ‌ها را تسهیل می‌کند (Araújo, 2024; Moncmanová, 2007). در مخازن نگهداری نسخ خطی، نبود سیستم‌های تهویه مناسب، کنترل ناکافی نور، و حضور آلاینده‌های بیولوژیکی می‌توانند به آسیب‌های غیرقابل جبران منجر شوند. این چالش‌ها به‌ویژه در بافت تاریخی و باغی مجموعهٔ کاخ گلستان که در مرکز پرتدد شهر تهران واقع شده، نمود بیشتری دارد و وضعیت نگهداری نسخ خطی را پیچیده‌تر ساخته است. در این راستا، رویکرد حفاظت پیش‌گیرانه^۱ که بر پیش‌گیری از آسیب‌های احتمالی از طریق مدیریت شرایط محیطی و حذف یا کاهش عوامل خطر متمرکز است، می‌تواند در حفاظت از این میراث ارزشمند مفید و کارآمد باشد (Caple, 2012; Nishimura, 2011). این کار مستلزم سنجش و پایش پارامترهای محیطی و آگاهی از وضعیت آن‌ها است.

پرسش پژوهش: با وجود اهمیت تحقیقات زیست‌محیطی برای حفظ مجموعه‌های موزه‌ای و اسناد تاریخی از جمله مخزن نسخ خطی مجموعه جهانی کاخ گلستان، در کشور به‌ندرت به چنین تحقیقاتی پرداخته شده است. این پژوهش با رویکرد حفاظت پیش‌گیرانه، به دنبال سنجش و پایش عوامل محیطی شامل دما، رطوبت نسبی، شدت نور، اشعه فرابنفش، و آلودگی‌های بیولوژیکی در مخزن کتابخانه کاخ گلستان با استفاده از ابزار و روش‌های علمی است. هدف از این پژوهش پاسخ به این پرسش است که: شرایط زیست‌محیطی مخزن نسخ خطی کاخ گلستان در مقایسه با استانداردهای تعریف‌شده برای مراکزی هم‌چون موزه‌ها و مراکز اسناد چگونه است و چه راهکارهایی برای بهبود شرایط نگهداری آثار و کاهش خطرات تهدیدکننده آن‌ها می‌توان پیشنهاد کرد؟

پیشینه مخزن اسناد کاخ گلستان

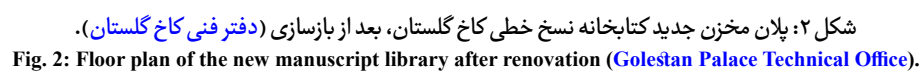
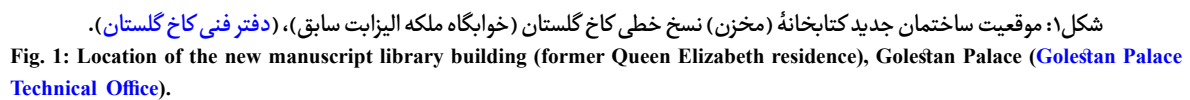
کتابخانه و گنجینه نسخ خطی کاخ گلستان در اوایل قرن ۱۳ ه.ق. در کاخ گلستان با همت فتحعلی شاه قاجار تأسیس و به نام «کتابخانه شاهنشاهی» مرسوم شد. پس از مرگ فتحعلی شاه قاجار تا زمان محمدشاه (اواسط قرن ۱۳ ه.ق.) کتابخانه شاهنشاهی کماکان دایر بوده است. بعد از فوت محمدشاه قاجار در زمان سلطنت ناصرالدین شاه یعنی در اوایل نیمهٔ دوم قرن ۱۳ ه.ق. این کتابخانه به نام «کتابخانه موزه سرکاری» تغییر نام پیدا کرد. ناصرالدین شاه در جمع‌آوری کتب نفیس نهایت دقت و حوصله را دارا بود، به طوری که تعدادی از کتاب‌هایی که در تصرف بازماندگان خاندان نادرشاه افشار باقی مانده بود را برای کتابخانه خریداری کرد که مرقع گلشن در همین زمان وارد کتابخانه سلطنتی شد. کتب نسخ خطی به مدت هشتاد سال از زمان فوت ناصرالدین شاه تا

اواخر سلطنت رضا شاه به خاطر اوضاع نابسامان مملکت و به لحاظ در امان ماندن در مکانی زیرزمینی در ضلع جنوب شرقی کاخ گلستان، قسمت جلوی سردر ورودی شمس‌العماره، در داخل گونی و بعضی داخل صندوق‌های چوبی با در شکسته قرار داشتند. این انبار تا سال ۱۳۱۷ ه.ق. بسته بود تا این‌که رضا شاه دستور می‌دهد برای ایران کتابخانه‌ای به نام «کتابخانه معارف» (ملی) ساخته شود. در این زمان برخی از کتاب‌ها از کتابخانه سلطنتی به این کتابخانه منتقل و بسیاری از دوره‌های کتب کتابخانه را ناقص کردند. در سال ۱۳۴۹ ه.ق. سرکار خانم بدری آتابای ریاست این کتابخانه (که در زمان محمدرضا شاه بنام «کتابخانه سلطنتی» تغییر نام پیدا کرده بود) را عهده‌دار شد، او با تلاش و کوشش فراوان و با رنج و مشقت زیاد کتب خطی آسیب دیده را، بعد از ۸۰ سال که فراموش شده بودند از درون آن انبار تاریک و آلوده بیرون آورده و شروع به پاک‌سازی و نظافت آن‌ها کرد، به طوری‌که به خاطر انجام این کار؛ چندین بار مریض و در بیمارستان بستری شد. این کتب به حدی آسیب دیده بودند که بعضی از آن‌ها در اثر رطوبت زیاد و بدی شرایط محیط، پوسیده و فرسوده و یا توسط آفات خورده شده و از بین رفته بودند. از جمله عواملی که منجر به آسیب‌زدن و یا از بین رفتن کتب نسخ خطی شده بودند، رطوبت زیاد، آلودگی محیط، گردوغبار فراوان، عوامل بیولوژیکی اعم از قارچ، کپک و سایر آفات مانند موش، گربه، کبوتران که اجساد این جانوران به همراه کهنه پارچه‌ها و تخته چوب‌های فرسوده در آن جا وجود داشتند را می‌توان نام برد (آتابای، ۱۹۸۴: ۹). هم‌چنین خانم بدری آتابای موفق به کسب مجوز لازم از دربار جهت عودت تعدادی از کتب انتقالی که به کتابخانه ملی انتقال پیدا کرده بودند، شد. زیرا اکثر نسخ خطی و چاپی موجود در کتابخانه سلطنتی طوری برای انتقال به کتابخانه ملی انتخاب شده بودند که نسخه‌های باقی‌مانده به کلی ناقص و استفاده از آن‌ها مشکل بود. بنابراین با این اقدام و انتقال کتب به محل اصلی خود، این نقص برطرف شد (آتابای، ۱۳۵۷: ۵).

در زمان قاجار در کنار عمارت شمس‌العماره بنایی قدیمی قرار داشت که در سال ۱۳۳۶ ه.ش. تخریب و به جای آن ساختمان جدیدی توسط معمار سنتی آن زمان، مرحوم حسن بروجردی ساخته و در سال ۱۳۳۸ ه.ش. تکمیل شد. زمانی‌که کتب نسخ خطی از مکان زیرزمینی خود، خارج شدند، آن‌ها را به مکان جدید واقع در طبقه دوم ساختمان، انتقال داده و بدین صورت اولین مخزن کتابخانه نسخ خطی (کتابخانه سلطنتی) کاخ گلستان در این بنا تأسیس و رسماً آغاز به کار کرد. و طی سال‌های ۱۳۸۲ - ۱۳۴۹ ه.ش. در مکان فوق‌الذکر، از کتب نسخ خطی کاخ، حفاظت و نگهداری می‌شد. در دهه هشتاد این مخزن به ساختمان مخزن جدید نسخ خطی کاخ گلستان انتقال پیدا کردند. ساختمان مخزن جدید نسخ خطی در عمارت خوابگاه ملکه الیزابت سابق در ضلع شمالی و در مجاورت عمارت برلیان قرار دارد. در این کاخ در سال ۱۳۳۹ خورشیدی به خاطر سفر ملکه الیزابت دوم پادشاه انگلیس به ایران، در این محل عمارتی ساخته و به کاخ ملکه الیزابت معروف شد (میرزا محمد علائینی، ۱۴۰۰: ۱). این ساختمان دارای سه طبقه با یک زیرزمین است. در طبقه اول، دفتر مدیریت و دو مخزن، شامل کتابخانه نسخ خطی و آلبوم خانه کاخ گلستان قرار دارد. در طبقه دوم مخزن اسناد تاریخی - خطی و کتابخانه چاپی - سنگی و در طبقه سوم، مرکز آرشیو، دفتر پژوهش، دفتر آلبوم خانه و دیگر بخش‌های اداری قرار دارد (شکل ۲).

پیشینه پژوهش

نخستین اقدامات پیش‌گیرانه برای مجموعه‌های موزه‌ای به قرن ۱۸ میلادی بر می‌گردد که اولین موزه‌های ملی اروپا برای مراقبت و نگهداری از اشیاء با ارزش شکل گرفت. با پیشرفت علوم در شیمی، فیزیک و بیولوژی و دستیابی به اطلاعات با ارزش تاریخی آثار باستانی در قرن نوزدهم آگاهی از نیاز به یک رویکرد اخلاقی برای حفاظت از آن‌ها مفاهیم حفاظت و حفاظت پیش‌گیرانه را پدید آورد (Caple, 2012; Pye, 2001). از اواسط قرن بیستم باید و نبایدهای ساده در حفاظت آثار در موزه به طرف سیستم‌های مدیریتی و ارزیابی و به حداقل رساندن خطرات تهدیدکننده آن‌ها می‌رفت، اندازه‌گیری و پایش آلاینده‌ها، دما و رطوبت از جمله آن‌ها هستند (Caple, 2011). مطالعات اولیه بر تأثیر عوامل محیطی بر مواد آلی نسخ خطی تمرکز داشته‌اند. «کارسون» (Carson, 1944) نشان



داد که رطوبت بالا استحکام مکانیکی کاغذ را کاهش می‌دهد؛ «کالفیلد» (Caulfield, 1990) در تحقیقات خود بر تأثیر ترکیبی دما و رطوبت بر خواص فیزیکی کاغذ تأکید کرد. «سبرا» (Sebera, 1994) با ارائه مدل ایزوپرم^۲، رابطه بین دما، رطوبت نسبی و نرخ تخریب شیمیایی مواد آلی مثل کاغذ را تبیین کرد. این مدل ریاضی، که برای قانون آرنیوس عمل می‌کند، ابزار مؤثری برای تخمین فرسایش مواد آلی در شرایط محیطی مختلف ارائه می‌دهد (معادله ۱ و ۲). با پیشرفت تحقیقات در زمینه شرایط محیطی آثار «تامسون» (Thomson, 2013) در کتاب محیط موزه استاندارددهایی را برای حفاظت از آثار کاغذی پیشنهاد می‌کند.

$$\text{Rate} = RH \times 5.9 \times 10^{12} \times \exp(-90300 / (8.314 \times (T + 273)))$$

معادله ۱

$$\text{Life time} = 1/\text{rate}$$

معادله ۲

«اشلی-اسمیت» (Ashley-Smith, 2013) در کتاب خود چارچوب‌های عملی برای ارزیابی خطرات تهدیدکننده در حفاظت از اشیاء فرهنگی ارائه داده است. یکی از مدل‌های کلیدی او، چارچوب ABC است که خطرات تهدیدکننده را از طریق شناسایی عامل (مانند رطوبت یا نور)، رفتار (مانند تخریب شیمیایی کاغذ) و پیامد (مانند از دست رفتن ارزش تاریخی) تحلیل می‌کند. هم‌چنین، مدل اولویت‌بندی مبتنی بر ارزش او بر تخصیص منابع حفاظتی به اشیاء با ارزش فرهنگی بالا تأکید دارد. این مدل‌ها در پژوهش حاضر برای شناسایی و اولویت‌بندی خطرات تهدیدکننده محیطی (مانند رطوبت نسبی بالا و شدت نور) در مخزن نسخ خطی کاخ گلستان به کار گرفته شده‌اند تا راهکارهای حفاظتی متناسب با شرایط محلی طراحی شوند. «کاپل» (Caple, 2012) در کتاب مهارت‌های حفاظت چارچوبی برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی مبتنی بر ارزیابی خطرات تهدیدکننده ارائه داده است که بر اهمیت تحلیل ارزش‌های فرهنگی اشیاء و اولویت‌بندی اقدامات حفاظتی بر اساس منابع موجود تأکید دارد. این چارچوب، که شامل شناسایی خطرات تهدیدکننده محیطی (مانند رطوبت و نور) و انسانی (مانند مدیریت نادرست) است در پژوهش حاضر برای طراحی راهکارهای حفاظتی متناسب با مخزن نسخ خطی کاخ گلستان به‌ویژه در اولویت‌بندی کنترل عوامل محیطی مانند رطوبت و اشعه فرابنفش به کار گرفته شده است. «اوسونراید» (Osunride, 2017) در مطالعه‌ای در کتابخانه‌های دانشگاهی جنوب غرب نیجریه نشان داد که نبود تهویه مناسب و کنترل رطوبت به تخریب مواد کاغذی منجر می‌شود و شرایط محیطی استاندارد (دما ۲۰-۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۴۵-۵۵ درصد) برای حفاظت ضروری است. این مطالعه هم‌چنین چالش‌هایی مانند کمبود بودجه و آموزش ناکافی کارکنان را برجسته کرد. «فاطمیا» (Fatima, 2021) در مطالعه‌ای در کتابخانه ملی هند، حفاظت پیش‌گیرانه را به عنوان رویکردی کلیدی برای جلوگیری از تخریب نسخ خطی معرفی کرد و بر اهمیت پایش و کنترل دقیق شرایط محیطی تأکید کرد. این مطالعه هم‌چنین نشان داد که استفاده از تجهیزات پایش محیطی مقرون به صرفه، مانند دیتالاگرهای دما و رطوبت، می‌تواند به طور مؤثری از آسیب‌های بلندمدت به مواد کاغذی جلوگیری کند. «سگائتسو» (Segaetsho, 2012) در مطالعه خود در کتابخانه دانشگاه بوتسوانا^۳ نشان داد که فقدان برنامه‌ریزی مدیریت بحران و پایش مداوم شرایط محیطی (مانند دما و رطوبت) به تخریب مواد کاغذی منجر می‌شود. این مطالعه بر ضرورت طراحی پروتکل‌های پایش محیطی منظم و برنامه‌های اضطراری متناسب با منابع محدود تأکید دارد، که می‌تواند به عنوان الگویی برای مدیریت مخازن نسخ خطی در ایران مورد استفاده قرار گیرد.

برخلاف مطالعات پیشین که عمدتاً بر جنبه‌های نظری، آزمایشگاهی یا بررسی‌های موردی متمرکز بوده‌اند، این پژوهش به صورت خاص شرایط زیست محیطی مخزن نسخ خطی کاخ گلستان را با رویکردی جامع و میدانی ارزیابی می‌کند. این مطالعه، برای اولین بار، داده‌های دما، رطوبت نسبی، شدت نور، اشعه فرابنفش، گردوغبار و آلودگی‌های بیولوژیکی را به صورت یکپارچه در این مجموعه بررسی و با استانداردهای بین‌المللی (مانند: NISO, CCI) مقایسه کرده و راهکارهای عملی متناسب با شرایط محلی برای حفاظت پیش‌گیرانه ارائه می‌دهد. این یافته‌ها می‌توانند به عنوان الگویی برای سایر مخازن نسخ خطی در ایران مورد استفاده قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش با هدف ارزیابی شرایط محیطی مخزن کتابخانه نسخ خطی کاخ گلستان (شکل ۳) و ارائه راهکارهای حفاظت پیش‌گیرانه، در زمستان سال ۱۴۰۰ ه.ش.، مجموعه‌ای از روش‌های میدانی، آزمایشگاهی و تحلیلی به‌کار گرفته شد. روش‌های به‌کار رفته به صورت زیر دسته‌بندی می‌شوند:



شکل ۳: نماهای عمومی از مخزن: گاوصندوق‌ها، دستگاه اسکنر کتاب، قفسه‌های ریلی کتاب و اسناد، پرده و پنجره‌های دوجداره آن.

Fig. 3: General views of the storage area: safes, book scanner, mobile book and document shelves, curtains, and double-glazed windows.

۱. پایش شدت روشنایی و اشعه فرابنفش

به منظور سنجش شدت نور محیطی و میزان پرتوهای فرابنفش در مخزن کتابخانه نسخ خطی، از دستگاه نورسنج مدل Delta OHM HD2102 استفاده شد. شدت روشنایی بر حسب لوکس (lux) و شدت پرتوهای UV بر حسب میکرووات بر مترمربع اندازه‌گیری گردید. منابع نوری مورد استفاده در مخزن شامل لامپ‌های LED و SED با توان ۵۰ وات بودند. داده‌های به‌دست آمده با استانداردهای توصیه‌شده برای مخازن نسخ خطی مقایسه شد.

۲. پایش دما و رطوبت نسبی

به منظور پایش دما و رطوبت نسبی در یک بازه زمانی حدود یک ماه (۷ دی تا ۱۰ بهمن ۱۴۰۰) از دیتالاگر مدل Testo 174H استفاده شد.

۳. سنجش میزان اسیدیته (pH) آثار کاغذی

برای تعیین میزان اسیدیته، تعداد ۱۰ نمونه از نسخ خطی مخزن که فاقد نوشته و تزئینات بودند انتخاب شد. با قراردادن قطره‌ای آب مقطر روی کاغذ و استفاده از کاغذ لیتموس، مقدار pH آثار سنجیده شد. تعداد این نسخه‌ها بر اساس حداقل نمونه‌هایی بود که بدون آسیب به آثار قابل آزمون بودند.

۴. پایش آلاینده‌های جامد معلق (گردوغبار)

در این مطالعه جهت بررسی میزان و نوع آلاینده‌های جامد معلق، از روش نمونه‌برداری غیرفعال با لام‌های میکروسکوپی استفاده شد استفاده از این روش در محیط‌های داخلی بدون تحمیل هزینه امکان پایش چند مکان را به طور هم‌زمان فراهم می‌کند (Ford & Adams, 1999). برای این منظور ۲۳ عدد لام میکروسکوپی در نقاط مختلف مخزن و اتاق کارشناسان در ارتفاعات گوناگون نصب شدند و به مدت ۹۰ روز (۳ ماه) در محل باقی ماندند. تعداد این لام‌ها بر اساس پوشش پراکنندگی فضاهای موجود در مخزن و در ارتفاعات و فواصل مختلف نسبت به بازشوها و مسیرهای تردد بوده است. از آن‌جا که تردد در این مخزن خصوصاً در دوران کووید ۱۹ کاهش پیدا کرده بود برای اطمینان از نشست گرد و غبار کافی برای مطالعه مدت زمان نمونه‌گیری ۳ ماه به طول انجامید. پس از جمع‌آوری نمونه‌ها، با استفاده از میکروسکوپ نوری با نور پلاریزان (Jamea Swift Enga) با امواج نوری xpl و ppl و بزرگ‌نمایی ۴۰ و ۱۰۰ برابر، ماهیت ذرات گردوغبار بر روی لام‌ها شناسایی شدند. به منظور بررسی درصد تراکم ذرات گرد و غبار بر روی لام‌ها از نمودار مقایسه‌ای تخمین درصد بصری که توسط تری و چیلینگار ارائه شده، استفاده شد (Terry & Chilingar, 1955).

۵. پایش آلودگی‌های بیولوژیکی (میکروارگانیسم‌ها)

جهت شناسایی میزان و نوع آلودگی‌های زیستی (قارچ‌ها و باکتری‌ها) از روش رسوبی Omeliansky Sedimentation استفاده شد (Awad & Mawla, 2012). در هفت نقطه از مخزن (مخزن اصلی و اتاق کارشناسان) (شکل ۴) در ارتفاع ۱/۵ متری، پلیت‌های حاوی محیط کشت نوترینت آگار (برای باکتری‌ها) و ساب‌وودکستروز آگار (برای قارچ‌ها) به مدت یک ساعت قرار داده شدند. پلیت‌ها در دمای ۲۸ درجه سانتیگراد، برای باکتری‌ها به مدت ۷۲ ساعت و برای قارچ‌ها به مدت ۶ روز انکوبه شدند. شمارش کلونی‌ها انجام و تعداد واحدهای تشکیل‌دهنده کلونی در مترمکعب هوا (CFU/m^3) طبق فرمول استاندارد Omeliansky محاسبه شد.

$$N = 5a \cdot 10^4 (\text{bt})^{-1} \quad N: \text{تعداد میکروب‌ها در متر مکعب هوا} (\text{CFU}/\text{m}^3)$$

a: تعداد کلونی‌های رشد کرده در هر پلیت

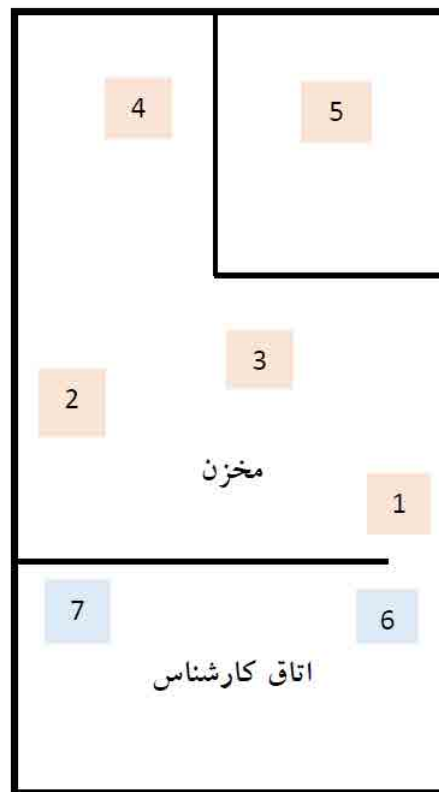
b: سطح پلیت بر حسب cm^3

t: زمان انجام آزمایش بر حسب دقیقه

باکتری‌های خالص‌سازی شده بر روی نوترینت آگار، پس از رنگ‌آمیزی گرم بر طبق دستورالعمل برگ (Bergey) با کمک تست‌های بیوشیمیایی مورد شناسایی قرار گرفتند (Vos et al., 2011). قارچ‌های جداسازی شده پس از خالص‌سازی، بر اساس مورفولوژی کلونی و همین‌طور بررسی مورفولوژی ساختاری با کمک میکروسکوپ نوری مورد شناسایی قرار گرفتند (Barnett & Hunter, 1998).

۶. تحلیل داده‌ها

داده‌های به دست آمده از کلیه پایش‌های انجام شده در نرم‌افزار Excel وارد و تحلیل شدند. شاخص‌هایی چون



شکل ۴: محل های پلیت گذاری جهت بررسی آلودگی بیولوژیک هوای داخل مخزن
Fig. 4: Locations of petri dish placements for assessing biological contamination in the storage air.

میانگین، نوسانات، حداقل و حداکثر مقادیر برای دما، رطوبت نسبی، نور و آلودگی ها بررسی و شاخص ایزوپرم محاسبه شد. این داده ها با استانداردهای بین المللی CCI و NISO، IPI مقایسه و تحلیل شد.

نتایج

۱. نتایج پایش شدت نور و اشعه فرابنفش

اندازه گیری شدت نور در بخش های مختلف مخزن کتابخانه (جدول ۱) نشان داد که حداقل شدت نور ثبت شده ۳۰ لوکس (در حالت خاموشی کامل منابع نوری) و حداکثر شدت نور ۷۰۰ لوکس بوده است. لازم به توضیح است لامپ های موجود در مخزن همگی از نوع LED و SED هستند. نتایج نشان می دهد که به جز مواردی که نور مستقیم از پنجره ها وارد فضای مخزن می شود در سایر موارد شدت پرتوهای ماوراء بنفش کمتر از $5/0 \mu\text{w}/\text{m}^2$ است. هم چنین طبق مقایسه داده های به دست آمده بسته بودن پنجره و عبور نور از پشت شیشه در مقایسه با باز بودن آن و عبور مستقیم نور بسیار متفاوت و کاهش شدید داشت. علاوه بر این فاصله از منبع نور طبیعی (پنجره ها) و زاویه تابش نور اگر چه در میزان روشنایی تفاوت زیادی ندارد اما با افت زیاد شدت این پرتوها همراه است (مقایسه ردیف ۵ و ۶ جدول ۱).

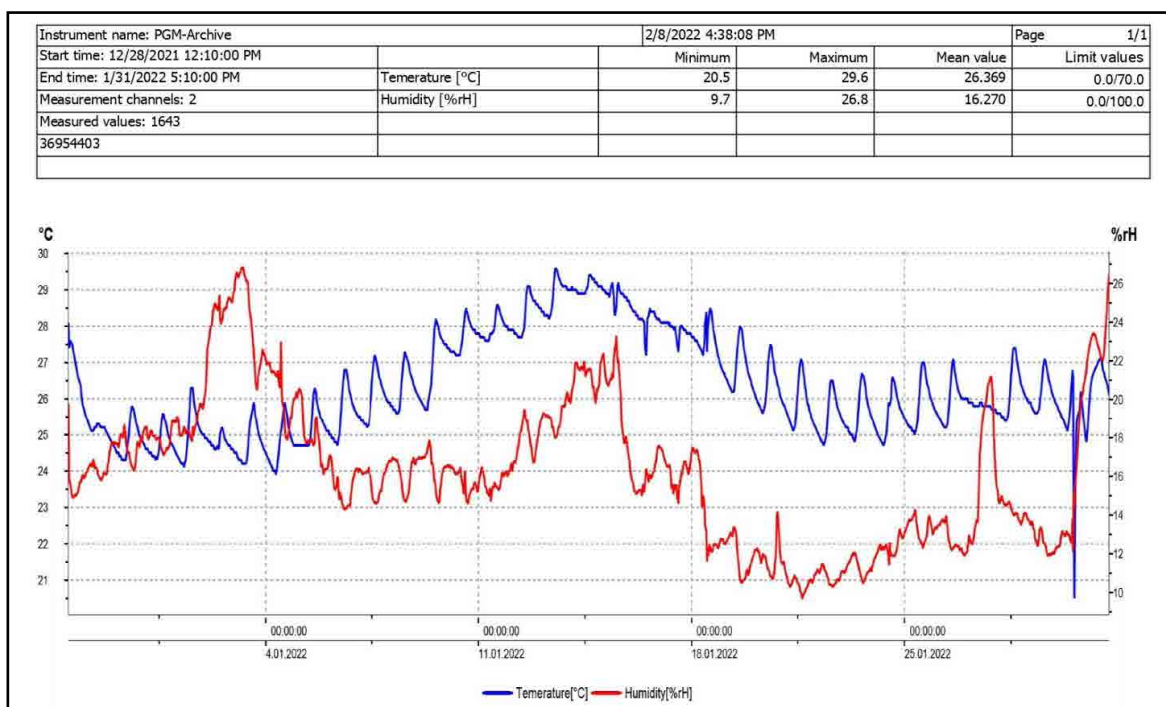
۲. نتایج پایش دما و رطوبت نسبی

بر اساس داده های مربوط به اندازه گیری دمای مخزن (از ۷ دی تا ۱۰ بهمن سال ۱۴۰۰)، میانگین دما $26/3$ درجه سانتی گراد (بیشینه $29/6$ درجه سانتی گراد و کمینه $20/5$ درجه سانتی گراد) می باشد؛ هم چنین نتایج این مطالعه نشان داد میانگین رطوبت نسبی داخل مخزن $16/3\%$ (بیشینه $26/8\%$ و کمینه $9/7\%$) می باشد (شکل ۵).

جدول ۱: شدت روشنایی و پرتوهای فرابنفش در مخزن اسناد

Table 1: Light intensity and ultraviolet radiation in the document storage area.

ردیف	موقعیت دستگاه نور سنج در مخزن	روشنایی (لوکس)	UV ($\mu\text{W}/\text{m}^2$)	منبع روشنایی
۱	بر روی میز وسط مخزن	۶۸۰-۷۰۰	کمتر از ۰/۵	روشنایی کلیه لامپ‌ها و نور طبیعی
۲	بر روی میز وسط مخزن	۳۶۰	کمتر از ۰/۵	روشنایی کامل لامپ‌های سمت چپ
۳	بر روی میز وسط مخزن	۳۷۰	کمتر از ۰/۵	روشنایی کامل لامپ‌های سمت راست
۴	بر روی میز وسط مخزن با فاصله ۲/۵-۳ متر از پنجره مخزن	۳۵۰-۳۶۰	کمتر از ۰/۵	کل لامپ‌ها خاموش-بالا بودن پرده روشنایی نور طبیعی از پشت پنجره
۵	بر روی میز وسط مخزن با فاصله ۲/۵-۳ متر از پنجره مخزن	۵۳۳	۱۷۶	کل لامپ‌ها خاموش-بالا بودن پرده روشنایی مستقیم نور طبیعی
۶	نزدیک تابلوی قران خطی (۵ متر فاصله از پنجره)	۵۶۹-۵۷۰	۰/۶-۱	کل لامپ‌ها خاموش-بالا بودن پرده روشنایی نور طبیعی از پشت پنجره
۷	نزدیک تابلوی قران خطی (۵ متر فاصله از پنجره)	۲۵-۳۰	کمتر از ۰/۵	کل لامپ‌ها خاموش-پایین بودن پرده و بسته بودن پنجره
۸	نزدیک تابلوی قران خطی (۵ متر فاصله از پنجره)	۴۲۰-۴۴۰	کمتر از ۰/۵	روشنایی کامل لامپ‌های مخزن
۹	محیط مخزن	۲۹-۳۰	کمتر از ۰/۵	خاموشی مطلق
۱۰	محیط مخزن	۲۷۰	۳	لامپ‌ها خاموش-پنجره باز با نور طبیعی
۱۱	بر روی میز اطاق کارشناسی-با فاصله ۴/۵ متری از پنجره	۴۵۰-۴۸۰	کمتر از ۰/۵	با یک لامپ روشن-پنجره باز با نور طبیعی
۱۲	بر روی میز اطاق کارشناسی-با فاصله ۴/۵ متری از پنجره	۶۰۹	۵	با دو لامپ روشن-پنجره باز با نور طبیعی
۱۳	محیط اطاق کارشناسی	۲۷۰	۳	لامپ‌ها خاموش-پنجره باز با نور طبیعی



شکل ۵: نمودار دما و رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده در محیط مخزن کتابخانه نسخ خطی کاخ گلستان

Fig. 5: Graph of temperature and relative humidity measured in the manuscript library storage environment of Golestan Palace

کیفیت شرایط نگهداری محیط مخزن بر اساس شاخص‌های محیطی (دما و رطوبت نسبی)، بر اساس مدل ایزوپرم برابر ۶۳/۵ محاسبه شد که بر اساس جدول کیفیت شرایط نگهداری طبق مدل ایزوپرم در شرایط قابل قبول قرار دارد (جدول ۲).

جدول ۲: جدول کیفیت شرایط نگهداری طبق مدل ایزوپرم
Table 2: Quality of storage conditions according to the Isoperm model

شاخص	کیفیت نگهداری
۱-۴۵	ضعیف
۴۵-۷۵	قابل قبول
۷۵-۱۰۰	خوب
>۱۰۰	عالی

۳. نتایج سنجش میزان اسیدیته (pH) آثار کاغذی

در ارزیابی ۱۰ نمونه از نسخ خطی، نتایج نشان داد که ۹ نمونه دارای اسیدیته مابین ۶ تا ۷ بودند. تنها یک نمونه (دیوان خاقانی) دارای اسیدیته پایین (pH=4) بود (جدول ۳). نمونه‌های با pH=6 در مرز اسیدی شدن هستند.

جدول ۳: سنجش اسیدیته برخی اسناد شاخص در مرکز اسناد
Table 3: Acidity assessment of selected documents in the document center

شماره نمونه	مشخصات نمونه		اسیدیته کاغذ	نتیجه
	شماره اموالی	نام اثر		
۱	۵۲۵	دیوان دوازده شاعر	۶/۵	وضعیت مناسب
۲	۱۶۳۸	مرقع	۶/۵	وضعیت مناسب
۳	۴۷۵	سلسله‌الذهب جامی	۶	وضعیت مناسب
۴	۳۸۷	کلیات شیخ سعدی	۶/۵	وضعیت مناسب
۵	۱۰۰۵	قرآن کلام‌الله	۶/۵	وضعیت مناسب
۶	۲۲۴۵	شاهنامه	۶	وضعیت مناسب
۷	۳۷۶	دیوان خاقانی	۴	وضعیت نامناسب
۸	۱۱۷۳	ادعیه	۶/۵	وضعیت مناسب
۹	۲۱۸۶	اسکندرنامه	۶/۵	وضعیت مناسب
۱۰	۲۲۶۵	حمل حیدری	۶/۵	وضعیت مناسب

۴. نتایج پایش آلاینده‌های جامد معلق (گردوغبار)

تحلیل نمونه‌های لام میکروسکوپی نشان داد که ذرات معلق شامل گرده‌های گیاهی، دوده ناشی از آلودگی شهری، الیاف (پرز لباس)، ذرات کاغذی و ترکیبات معدنی (سیلیس، سولفات‌ها) می‌باشند. بیش‌ترین تراکم ذرات در بخش‌هایی مشاهده شد که در مجاورت پنجره‌های باز و مسیرهای پر تردد قرار داشتند. کم‌ترین ذرات گرد و غبار در فضای داخل گاوصندوق‌ها و سپس قفسه‌های کتاب دیده می‌شود. با این وجود در میان نمونه‌های گرد و غبار در قفسه کتاب‌ها، آثاری از قطعات کوچک کاغذ نیز مشاهده می‌شود که ناشی از فرسودگی و جدا شدن قطعات از آن‌ها شده است (جدول ۴ و شکل ۶).

جدول ۴: محل نمونه‌گیری و میزان تراکم ذرات گرد و غبار در مخزن و اتاق کارشناسی مجاور آن

Table 4: Sampling locations and dust particle density in the storage area and adjacent experts' room

کد نمونه	محل نمونه‌گیری	ارتفاع از کف زمین (cm)	تراکم ذرات (%)
GP-RL-1	بر روی پایه سمت راست تابلو خطی قرآنی، نزدیک در ورودی مخزن	۱۰/۵	۳۰
GP-RL-2	بر روی پایه سمت چپ تابلو خطی قرآنی، نزدیک در ورودی مخزن	۱۰/۵	۳۰
GP-RL-3	بر روی پایه گاو صندوق آبی رنگ شماره ۲، نزدیک در ورودی داخل مخزن	۲/۴	۴۰
GP-RL-4	بر روی نرده آهنی پنجره دو جداره قدیمی مخزن (داخل فضای باز محوطه کاخ)	۱۰۰	۵۰
GP-RL-5	مابین فضای دو جداره پنجره قدیمی و جدی مخزن (فضای بسته)	۱۰۰	۵۰
GP-RL-6	بر روی لبه داخلی پنجره دو جداره مخزن و بالای یکی از دستگاه‌های هواساز	۸۸	۱۰
GP-RL-7	بر روی گاو صندوق آبی رنگ شماره ۱، نزدیک در ورودی داخل مخزن	۲۴۰	۳۰
GP-RL-8	بر روی گاو صندوق طوسی رنگ شماره ۳، نزدیک در ورودی داخل مخزن	۲۴۰	۳۰
GP-RL-9	بر روی داکت اینترنت از کف زمین (کنار گاو صندوق طوسی رنگ شماره ۳)	۱۹	۴۰
GP-RL-10	بر روی یکی از تابلوها در انتهای مخزن	۱۱۱	۲۰
GP-RL-11	درون قفسه کتاب شماره ۱	۴۳	۵
GP-RL-12	درون قفسه کتاب شماره ۱	۱۴۴	۳۰
GP-RL-13	درون قفسه کتاب شماره ۱	۲/۱۴	۲۰
GP-RL-14	قفسه مرقعات شماره ۳	۲۲	۱۰
GP-RL-15	قفسه مرقعات شماره ۳	۱۵۳	۵
GP-RL-16	قفسه مرقعات شماره ۳	۱۸۰	۱۰
GP-RL-17	قفسه مرقعات شماره ۳	۲۳	۵
GP-RL-18	قفسه کتب شماره ۱۵	۱/۳۷	۳
GP-RL-19	بر روی داکت اینترنت کنار در ورودی کتابخانه مخزن (اتاق کارشناس)	۱۵	۳۰
GP-RL-20	بر روی جعبه مینیاتور برق داخل اتاق کارشناس	۱۸۰	۲۰
GP-RL-21	داخل گاو صندوق آبی رنگ شماره ۱، نزدیک در ورودی مخزن	-	۱۰
GP-RL-22	داخل گاو صندوق آبی رنگ شماره ۲، نزدیک در ورودی مخزن	-	۵
GP-RL-23	داخل گاو صندوق آبی رنگ شماره ۳، نزدیک در ورودی مخزن	-	۳



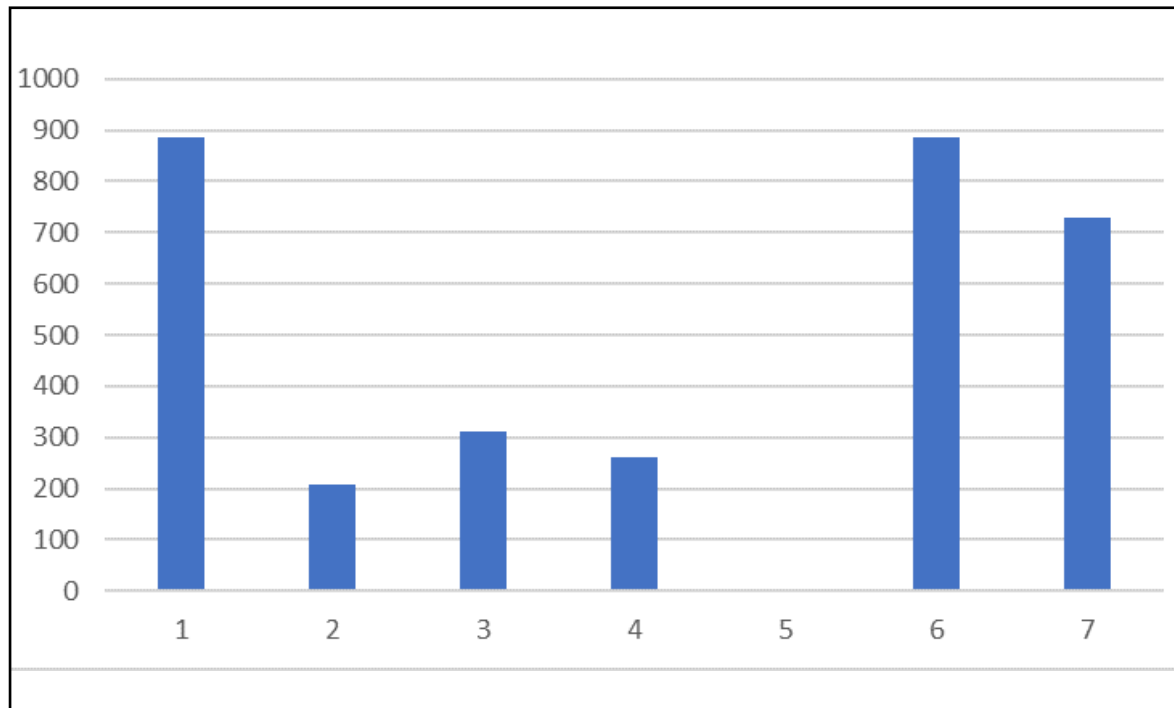
شکل ۶: تصویری از ذرات میکروسکوپی بر روی لام با نور پلاریزه PPL شامل: ذرات خاک، پرز لباس، بقایای گیاهی، حشرات و قطعات کاغذ.

Fig. 6: Microscopic image of particles on slides under PPL polarized light, including soil particles, clothing fibers, plant residues, insects, and paper fragments.

۵. نتایج پایش آلودگی‌های بیولوژیکی (میکروارگانیسم‌ها)

نتایج حاصل از بررسی آلاینده‌های بیولوژیکی در هوای مخزن نشان داد در بخش داخلی مخزن کتابخانه (نمونه‌های ۲، ۳، ۴ و ۵)، تراکم آلودگی بیولوژیکی پایین و در محدوده قابل قبول قرار داشت. در اتاق کارشناسان و محدوده‌های پرتردد (نمونه‌های ۱، ۶ و ۷) میزان آلودگی به ۸۸۵ و ۷۲۹ CFU/m³ رسید که نسبت به دیگر نقاط بالاتر بود (شکل ۷ و ۸).

قارچ‌های غالب جدا شده شامل: *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.* و *Alternaria sp.* بودند. باکتری‌های جدا شده عمدتاً به جنس‌های *Serratia* و *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Micrococcus* تعلق داشتند.



شکل ۷: تعداد میکروارگانیسم‌ها در متر مکعب هوا بر اساس کلونی‌های رشد کرده بر روی هر پلیت.
Fig. 7: Number of microorganisms per cubic meter of air based on colonies grown on petri dishes.



شکل ۸: کلونی‌های قارچی رشد کرده بر روی محیط سابوردکستروز آگار.
Fig. 8: Fungal colonies grown on Sabouraud dextrose agar.

بحث و تحلیل

این پژوهش شرایط زیست محیطی مخزن نسخ خطی کاخ گلستان را با تمرکز بر نور، دما، رطوبت و آلودگی‌های بیولوژیکی بررسی کرد. یافته‌ها در مقایسه با استانداردهای بین‌المللی CCI و NISO، IPI تحلیل شده و راهکارهای عملی برای حفاظت پیش‌گیرانه ارائه شده است.

مطالعات مختلف تأکید دارند که نور مرئی و به‌ویژه اشعه UV با ایجاد واکنش‌های فوتوشیمیایی در زنجیره‌های سلولزی کاغذ، منجر به تغییر رنگ، کاهش استحکام و در نهایت شکنندگی آثار می‌شوند. در این

میان، نسخ دارای رنگدانه‌ها و مرکب‌های حساس، آسیب‌پذیری بیش‌تری در برابر نور از خود نشان می‌دهند (Van Grieken & Worobiec, 2011). یافته‌های این پژوهش نشان داد که شدت نور در شرایط روشن بودن همه منابع روشنایی و بالا بودن پرده‌های مخزن تا ۷۰۰ لوکس و اشعه فرابنفش تا $176 \mu\text{W}/\text{m}^2$ می‌رسد، که به‌مراتب بسیار فراتر از حد مجاز است. سطح نور مرئی برای اشیاء حساس مثل: آب‌رنگ، بافته‌ها، کاغذ، عکس و پلاستیک ۵۰ لوکس و برای اشیاء با حساسیت کمتر مثل: چوب، سرامیک، فلز، شیشه تا ۲۵۰ لوکس می‌باشد (Thomson, 2013). تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که نور بیش از حد، به‌ویژه در ساعات روشنایی کامل، خطر جدی برای نسخ خطی ایجاد می‌کند. توصیه عملی شامل خاموش بودن منابع روشنایی در زمان‌های غیرضروری و پایین بودن پرده‌های مخزن خصوصاً در ساعات پر نور و به هنگام خروج آثار از قفسه‌ها و در معرض نور بودن آن‌ها برای انجام مطالعه و بررسی به‌منظور حفاظت آثار کاغذی در مقابل اثرات مخرب نور می‌باشد.

رطوبت پایین، علاوه بر خشکی مفرط کاغذ، موجب افزایش بار الکتریسته ساکن و جذب بیشتر ذرات آلاینده خواهد شد که این مسئله روند تخریب شیمیایی آثار را تسریع کرده و خطر شکنندگی کاغذ را افزایش می‌دهد، هم‌چنین نوسانات دمایی می‌تواند انبساط و انقباض مواد آلی را تسریع کند (Carson, 1944; Caulfield, 1990; Lin et al., 2022). در این پژوهش میانگین دمای مخزن $26/3^\circ\text{C}$ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی $16/3\%$ درصد با نوسانات بالا گزارش شد، که با استانداردهای CCI ($18-20^\circ\text{C}$ درجه سانتی‌گراد و $45-55\%$ درصد رطوبت)، استاندارد NISO (حداکثر دمای 18°C درجه سانتی‌گراد و $30-50\%$ درصد رطوبت) و ISIRI 10443 4 (حداکثر دمای 18°C درجه و رطوبت $40-50\%$ درصد) ناسازگار است (Wilson, 1995; CCI, 1995, Note 11/7). لازم به ذکر است خشکی اقلیم شهر تهران علت اصلی پایین بودن میزان رطوبت نسبی محیط مخزن است. شاخص نگهداری محاسبه‌شده در این مطالعه طبق مدل ایزوپرم و قانون آرنیوس 63 سال می‌باشد که در حد قابل قبول است اما هنوز خوب نیست. نبود سیستم‌های تهویه و تنظیم رطوبت کارآمد در این مکان، ارتباط مستقیم با فضای باز باغی، و ضعف در جریان هوای نامناسب از عوامل اصلی این ناپایداری شناسایی شدند.

علاوه بر شرایط نامناسب دما و رطوبت نسبی یکی دیگر از دلایل مهم زوال و تخریب آثار کاغذی، اسیدی شدن آن‌هاست. اسید در کاغذها، موجب زردی و شکنندگی آن‌ها می‌گردد؛ به‌طوری‌که در موارد حاد کاغذهای اسیدی به محض تماس دست، خرد می‌شوند (Lister & Renshaw, 2004). نتایج این مطالعه نشان داد اسناد و کتاب‌های بررسی‌شده در مخزن از لحاظ pH در حال حاضر شرایط قابل قبولی دارند.

در خصوص آلودگی‌های فیزیکی و گردوغبار معلق، تحلیل نمونه‌ها نشان داد که حجم بالایی از ذرات معدنی (سیلیس، سولفات‌ها)، دوده، الیاف و گرده‌های گیاهی در فضای مخزن وجود دارد. طبق منابع ذرات درشت گرد و غبار عموماً به‌وسیله کفش افراد منتقل و در ارتفاعات پایین‌تر (حدود 30 سانتیمتری) تجمع پیدا می‌کنند و ذرات زیر و پرزها که معمولاً از لباس افراد نشأت می‌گیرند در ارتفاع بالاتر (حدود شانه‌ها و چشم‌ها) نشست می‌کنند (Lloyd et al., 2002). طبق داده‌های به‌دست آمده در این مخزن (بر اساس میزان و موقعیت نشست ذرات) همان‌طور که انتظار می‌رود کم‌ترین میزان گرد و غبار در فضاهای بسته مثل گاوصندوق سپس قفسه‌های کمدهای ریلی و بیش‌ترین میزان گرد غبار در پشت پنجره‌ها دیده می‌شود. در سایر بخش‌ها با ارتفاعات مختلف میزان گرد و غبار مشابه هستند. بر این اساس باید گفت علاوه بر منابع انسانی در ایجاد و انتقال گرد و غبار، منابع دیگری نیز وجود دارد که اصلی‌ترین آن از محیط بیرون و عبور آن‌ها از درزهای در و پنجره‌ها است که با گردش هوا در مکان‌های مختلف مخزن نشست می‌کنند. نظافت و جارو زدن حیاط در پشت پنجره‌های مخزن می‌تواند به این مشکل دامن بزند. چسبندگی و واکنش‌پذیری این آلاینده‌ها با جذب رطوبت محیطی می‌توانند موجب اسیدی شدن موضعی و افزایش نرخ هیدرولیز سلولز شوند که به تغییر رنگ، کاهش مقاومت مکانیکی و تخریب تدریجی نسخ خطی منجر خواهد شد (Brimblecombe et al., 1999; Worobiec et al., 2010). علاوه بر آن، نفوذ آلودگی‌های شهری، گرده‌های گیاهی و ذرات دوده ناشی از مجاورت با فضاهای پرتردد شهری (مانند میدان ارگ) بر شدت این مسئله افزوده است. نبود فیلتر در ورودی‌های هوای سیستم تهویه و باز بودن مسیرهای تردد و درزهای بازشوها (مثل پنجره‌ها) از عوامل تشدیدکننده آلودگی شناسایی شدند.

حضور قارچ‌هایی مانند *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* و *Alternaria* و باکتری‌هایی نظیر *Bacillus* و *Staphylococcus* در هوای مخزن شناسایی شد. جداسازی این گروه از باکتری‌ها و قارچ‌ها از مراکز اسناد و محیط‌های کتابخانه‌ای، به وفور در مطالعات پیشین گزارش شده است (Anaya et al., 2016; Borrego et al., 2017; Di Bella et al., 2015; Noohi et al., 2022; Skóra et al., 2015). این میکروارگانیسم‌ها، به‌ویژه در رطوبت و گردوغبار بالا، می‌توانند به تخریب چرم و کاغذ و تغییر رنگ آن‌ها منجر شوند (Pinheiro et al., 2019). از منظر حفاظت از آثار موزه‌ای، محدوده‌های مختلفی از تعداد باکتری‌ها و قارچ‌ها در مترمکعب هوا ارایه شده است. Cieplik محدوده‌ای بر اساس نوع گونه‌های قارچی جدا شده از هوا تعریف کرده است؛ بدین ترتیب که اگر سویه‌های قارچی موجود در هوا مخلوطی از چندین گونه قارچی باشند، تعداد آن‌ها نباید از 150 CFU/m^3 تجاوز کند و اگر به یک گونه خاص قارچی متعلق باشد نباید از 50 CFU/m^3 تجاوز کند. نویسنده تعداد 500 CFU/m^3 را در صورتی مجاز دانسته که قارچ‌ها متعلق به گونه‌های میکروبی معمول موجود در هوا باشند (Pinheiro et al., 2019). مقایسه نتایج به‌دست آمده از پایش آلودگی‌های زیستی این پژوهش با استانداردهای ارائه شده نشان داد در فضای داخلی مخزن میزان آلودگی‌های قارچی و باکتریایی در حد قابل قبول قرار دارند، اما در بخش‌هایی مانند اتاق کارشناسان و مسیرهای پرتردد، تراکم بالاتری از آلودگی‌های زیستی مشاهده شد. زیاد بودن آلودگی بیولوژیک در هوای اتاق کارشناسان را می‌توان به تجمع زیاد افراد در این بخش‌ها نسبت داد. پایش دوره‌ای شرایط محیطی (دما، رطوبت نسبی و آلاینده‌های بیولوژیکی)، شیوه پاکسازی و غبار روبی مناسب خصوصاً پیش از چرخه‌های فصلی بسیار مهم است (Lloyd et al., 2002). اگرچه کفش‌ها نقش کم‌تری در آلودگی سطوح بالا دارند اما استفاده از پادری‌های مناسب می‌تواند به جلوگیری از ورود بیشتر گرد و غبار در محیط کمک کند. درزگیری در و پنجره‌ها نقش مهمی در جلوگیری از ورود آلاینده‌های بیرونی دارد. علاوه بر این استفاده از فیلترهای HEPA در سیستم تهویه از جمله راهکارهای پیشنهادی جهت کاهش آلاینده‌های زیستی در محیط مخزن می‌باشد.

لازم به ذکر است اندازه‌گیری شرایط محیطی شامل دما، رطوبت نسبی و آلاینده‌ها در این پژوهش طی فصل زمستان انجام شد. از آن‌جا که شرایط محیطی داخل مخزن تحت تأثیر عوامل فصلی است، داده‌های این مطالعه به شرایط زمستانی محدود بوده و نمی‌توان آن‌ها را به‌طور کامل به سایر فصول سال تعمیم داد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که شرایط محیطی مخزن نسخ خطی کاخ گلستان در برخی موارد با استانداردهای بین‌المللی هم‌خوانی ندارد که می‌تواند خطر فرسایش نسخ را افزایش دهد. این مطالعه ارزیابی جامعی از مخزن کاخ گلستان ارائه کرد و راهکارهای عملی کوتاه مدت شامل: کنترل میزان روشنایی و پرتوهای ماوراءبنفش در مخزن از طریق نصب فیلترهای UV، پایین بودن پرده‌های مخزن و خاموش بودن لامپ‌های موجود در مخزن در موارد غیر ضروری، پایش دوره‌ای شرایط محیطی (دما، رطوبت، نور و آلاینده‌ها)، اجرای برنامه‌های منظم نظافتی، میان مدت شامل: جای‌گزینی منابع نوری بالامپ‌های استاندارد، نصب سیستم تهویه با فیلترهای HEPA و آموزش پرسنل برای پایش محیطی و بلند مدت شامل: بازسازی زیرساخت‌های مخزن برای عایق‌بندی و کاهش نفوذ گردوغبار، و تدوین دستورالعمل‌های نظافت، اصول بهداشتی و حفاظتی برای کل مجموعه پیشنهاد می‌کند. این راهکارها می‌توانند به عنوان الگویی برای سایر مخازن نسخ خطی در ایران مورد استفاده قرار گیرند. پژوهش‌های آتی باید پایش بلندمدت و تحلیل فصلی را شامل شوند تا تصویر کامل‌تری از شرایط محیطی ارائه دهند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسندگان مراتب تقدیر و سپاس خود را از سرکار خانم آفرین امامی (مدیر مجموعه میراث جهانی کاخ گلستان)، جناب آقای مهندس جبار آوج (معاون اجرایی کاخ گلستان)، سرکار خانم نسرین مرجانی (مسئول

امین اموال مخزن کتابخانه نسخ خطی کاخ گلستان)، جناب آقای دکتر علیرضا انیسی (معاون پژوهشی سابق پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری) و جناب آقای حسن میرزاحمد علائینی (مسئول امین اموال سابق مخزن کتابخانه نسخ خطی کاخ گلستان) جهت حمایت و همکاری‌های لازم اعلام می‌دارند.

درصد مشارکت نویسندگان

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول به راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم بوده است؛ بر همین اساس گردآوری مطالب توسط نویسنده اول و نگارش آن تحت نظارت نویسندگان دوم و سوم بوده است.

تضاد منافع

نویسندگان ضمن رعایت اخلاق نشر در ارجاع‌دهی و دقیق بودن آن در متن و انتهای مقاله، نبود تضاد منافع را اعلام می‌دارند.

پی‌نوشت

1. Preventive Conservation
2. Isoperm
3. Botswana

۴. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. S.

کتابنامه

- آتابای، بدری، (۱۳۵۷). فهرست دیوان‌های خطی کتابخانه سلطنتی و کتاب هزارو یکشب. جلد دوم، چاپ اول، تهران: چاپخانه زیبا. <https://lib.irip.ac.ir/Inventory/1/5050.htm>
- آتابای، بدری، (۱۹۸۴). مصاحبه‌کننده: لاجوردی، حبیب، شهر کمبریج، ایالت ماساچوست.
- فریدونی، حسنعلی؛ و عمادی، مرجان، (۱۳۹۱). بررسی عناصر فهرست‌نویسی نسخه‌های خطی و تعاریف آن‌ها. نشریه الکترونیکی سازمان کتابخانه‌ها، موزه‌ها و مراکز اسناد استان قدس رضوی، ۲(۱۲): ۱-۲۴. https://shamseh.aqr-libjournal.ir/article_50371.html
- میرزا محمد علائینی، حسن، (۱۴۰۰). حفاظت و شناخت بنا. امین اموال سابق کتابخانه نسخ خطی کاخ گلستان (مصاحبه).

References

- Anaya, M., Borrego, S. F., Gámez, E., Castro, M., Molina, A. & Valdés, O., (2016). Viable fungi in the air of indoor environments of the National Archive of the Republic of Cuba. *Aerobiologia*, 32(3): 513-527. <https://doi.org/10.1007/s10453-016-9429-3>
- Araújo, R., (2024). Preserving the past: Unveiling challenges in ancient Islamic manuscript conservation. *Arts & Communication*, 2(3): 3205. <https://doi.org/10.36922/ac.3205>
- Ashley-Smith, J., (2013). *Risk assessment for object conservation*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780080938523>
- Atabay, B., (1984). Interview by Habib Lajevardi, Cambridge, Massachusetts (in Persian).
- Awad, A. H. & Mawla, H. A., (2012). Sedimentation with the Omeliansky formula as an accepted technique for quantifying airborne fungi. *Pol. J. Environ Stud.*, 21(6): 1539. <https://www.pjoes.com/Sedimentation-with-the-Omeliansky-Formula-as-an-Accepted-Technique-for-Quantifying,88900,0,2.html>

- Barnett, H. & Hunter, B., (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. <https://my.apsnet.org/APSSStore/Product-Detail.aspx?WebsiteKey=2661527A-8D44-496C-A730-8CFEB6239BE7&iProductCode=41922>
- Borrego, S., Lavin, P., Perdomo, I., Gómez de Saravia, S. & Guiamet, P., (2012). Determination of indoor air quality in archives and biodeterioration of the documentary heritage. *International Scholarly Research Notices*, 2012(1): 680598. <https://doi.org/10.5402/2012/680598>
- Borrego, S., Molina, A. & Santana, A., (2017). Fungi in archive repositories environments and the deterioration of the graphics documents. *EC Microbiol*, 11(5): 205-226. <https://ecronicon.net/assets/ecmi/pdf/ECMI-11-00366.pdf>
- Brimblecombe, P., Blades, N., Camuffo, D., Sturaro, G., Valentino, A., Gysels, K., Van Grieken, R., Busse, H. J., Kim, O. & Ulrych, U., (1999). The indoor environment of a modern museum building, the Sainsbury Centre for Visual Arts, Norwich, UK. *Indoor air*, 9(3): 146-164. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.1999.t01-1-00002.x>
- Canadian Conservation Institute (CCI). (1995). *Basic Care of Books*. CCI Notes 11/7. <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/basic-care-books.html>
- Caple, C., (2012). *Conservation skills: judgement, method and decision making*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203086261>
- Caple, C., (2011). The History of, and an Introduction to, Preventive Conservation. *Preventive conservation in museums*, 9-23. <https://doi.org/10.4324/9780203086261>
- Carson, F. T., (1944). *Effect of humidity on physical properties of paper (Vol. 445)*. US Government Printing Office. <https://doi.org/10.6028/NBS.CIRC.445>
- Caulfield, D., (1990). Effect of moisture and temperature on the mechanical properties of paper. In: *Solid Mechanics Advances in Paper Related Industries: Proceedings of the National Science Foundation Workshop* (pp. 50–62). Syracuse University. <https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/pdf1990/caulf90a.pdf>
- Di Bella, M., Randazzo, D., Di Carlo, E., Barresi, G. & Palla, F., (2015). Monitoring biological damage on paper-based documents in the historical archive of the Palermo astronomical observatory. *Conservation Science in Cultural Heritage*, 15(2): 85-94. <https://doi.org/10.6092/issn.1973-9494/7121>
- Fatima, K. & Fatima, N., (2021). Investigation of Preventive Conservation of Library Materials in National Library of India. *Library Philosophy and Practice*, 2: 1-14. <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/4911>
- Fereydouni, H. & Emadi, M., (2011). A survey of elements of cataloging manuscripts and their definitions. *Shamseh*, 3(12–13): 1–24. http://shamseh.aqr-libjournal.ir/article_50371.html (in Persian).
- Ford, D.; & Adams, S., (1999). Deposition rates of particulate matter in the internal environment of two London museums. *Atmospheric Environment*, 33: 4901-4907. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(99\)00289-7](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00289-7)
- Lin, B., Auernhammer, J., Schäfer, J.-L., Meckel, T., Stark, R., Biesalski, M. & Xu, B.-X.,

(2022). Humidity influence on mechanics of paper materials: joint numerical and experimental study on fiber and fiber network scale. *Cellulose*, 29(2): 1129-1148. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04355-y>

- Lister, T. & Renshaw, J., (2004). *Conservation chemistry: an introduction*. Royal Society of Chemistry. https://books.rsc.org/books/monograph/2478/Conservation-Chemistry-An-Introduction?utm_source=chatgpt.com

- Lloyd, H., Lithgow, K., Brimblecombe, P., Yoon, Y. H., Frame, K. & Knight, B. (2002). The effects of visitor activity on dust in historic collections. *The Conservator*, 26(1): 72-84. <https://doi.org/10.1080/01410096.2002.9995179>

- Mirza Mohammad Alaedini, H., (2021). *Conservation and Understanding of the Building*. Interview, Former Curator of Golestan Palace Manuscript Library (in Persian).

- Moncmanová, A., (2007). Environmental factors that influence the deterioration of materials. *WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering*, 28: 1–25. <https://doi.org/10.2495/978-1-84564-032-3/01>

- Nishimura, D. W., (2011). *Understanding preservation metrics*. Rochester, NY: Image Permanence Institute, Rochester Institute of Technology. https://www.rit.edu/ipi/sites/rit.edu/ipi/files/documents/understanding_preservation_metrics.pdf

- Noohi, N., Hadian Dehkordi, M. & Erfanmanesh, P., (2022). Quantitative and qualitative environmental biological monitoring in the Documentation Center and Library of the Cultural Heritage and Tourism Research Institute. *Ganjine-ye Asnad*, 32(2): 150-178. <https://doi.org/10.30484/ganj.2022.2935>

- Osunride, A. A. & Adetunla, B. O. G., (2017). Preservation and conservation of library materials in university libraries in South-West, Nigeria. *International Journal of Library and Information Science Studies*, 3(3): 8–19. https://ejournals.org/ijliss/vol-3-issue-3-november-2017/preservation-conservation-library-materials-university-libraries-south-west-nigeria/?utm_source=chatgpt.com

- Pinheiro, A. C., Sequeira, S. O. & Macedo, M. F., (2019). Fungi in archives, libraries, and museums: A review on paper conservation and human health. *Critical Reviews in Microbiology*, 45(5–6): 686–700. <https://doi.org/10.1080/1040841X.2019.1690420>

- Pye, E., (2001). *Caring for the past: Issues in conservation for archaeology and museums*. London: James & James. https://openlibrary.org/books/OL22467181M/Caring_for_the_past

- Sebera, D. K., (1994). *Isoperms: An environmental management tool*. Image Permanence Institute. <https://www.imagepermanenceinstitute.org/resources/publications/isoperms-an-environmental-management-tool>

- Segaetsho, T. & Mnjama, N., (2012). Preservation of library materials at the University of Botswana Library. *Journal of the South African Society of Archivists*, 45: 68-84. <https://www.academia.edu/download/121551966/75633.pdf>

- Skóra, J., Gutarowska, B., Pielech-Przybylska, K., Stępień, Ł., Pietrzak, K., Piotrowska, M. & Piotrowski, P., (2015). Assessment of microbiological contamination in the work environments of museums, archives and libraries. *Aerobiologia*, 31: 389-401. <https://doi.org/10.1007/s10453-015-9372-8>

- Terry, R. D. & Chilingar, G. V., (1955). Summary of “Concerning some additional aids in studying sedimentary formation. by M. S. Shvetsov. *Journal of Sedimentary Research*, 25(3): 229–234. <https://doi.org/10.1306/74D70466-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- Thomson, G., (2013). *The museum environment* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-01226-1>
- UNESCO. (2021). *Golestan Palace – UNESCO World Heritage Centre*. <https://whc.unesco.org/en/list/1422>
- Van Grieken, R. & Worobiec, A., (2011). X-ray spectrometry for preventive conservation of cultural heritage. *Pramana*, 76: 191-200. <https://doi.org/10.1007/s12043-011-0041-3>
- Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N. R., Ludwig, W., Rainey, F. A., Schleifer, K.-H. & Whitman, W. B., (2011). *Bergey's manual of systematic bacteriology*. Volume 3: The Firmicutes (Vol. 3). Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-68489-5>
- Wilson, W. K., (1995). *Environmental guidelines for the storage of paper records (NISO TR01-95)*. National Information Standards Organization, Bethesda, MD. https://www.niso.org/publications/niso-tr01-1995-environmental-guidelines-storage-paper-records?utm_source=chatgpt.com
- Worobiec, A., Samek, L., Krata, A., Van Meel, K., Krupinska, B., Stefaniak, E. A., Karaszkiewicz, P. & Van Grieken, R., (2010). Transport and deposition of airborne pollutants in exhibition areas located in historical buildings—study in Wawel Castle Museum in Cracow, Poland. *Journal of Cultural Heritage*, 11(3): 354-359. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2009.11.009>