Monitoring-Oriented Documentation of Salt Man No. 1 at the National Museum of Iran Using a Combination of Focus Stacking and Panorama Techniques

Mohammad Reza Alikhah [1*], Anisa Shiri [2], Shahrazad Amin Shirazi [3], Mohammad Hossein Boroumand [4]

1. Expert of the World Heritage Restoration of Takht-e Jamshid.

2. Expert of the World Heritage Restoration of Takht-e Jamshid.

3. Member of the research institute of restoration of historical monuments.

4. Freelancer researcher.

Abstract

Restoration of historical monuments relies heavily on comprehensive documentation conducted both before and after conservation and restoration processes. This study focused on documenting the cleaning process of Iran's Salt Men through the integration of various photographic techniques and specialized focus stacking software. Specifically, it examined the documentation of Salt Man, No. 1, housed in the National Museum of Iran by utilizing a combination of focus stacking and panorama techniques. The project aimed to produce high-resolution images from 5 different angles, capturing the complete depth of field before and after cleaning. The largest image generated in this project boasted a pixel density of 649.4 megapixels, showcasing the frontal view of the artifact. Several challenges arose during the project. The presence of hair on the head and face of Salt Man, No. 1, posed difficulties in photo alignment. Additionally, documenting the gold earrings using macrography presented another set of challenges. It is important to note that the documentation, conservation, and restoration of the artifact were carried out simultaneously. Consequently, close coordination with other members of the conservation and restoration team was crucial and meticulous recording of lighting angles, camera settings, and photometry were prioritized. Detailed documentation was carefully recorded both before and after the cleaning process, taking special care to note the conditions during photography and ensuring accurate color, light, and texture matching. This comprehensive approach established a robust foundation for artifact's future scientific monitoring..

Keywords: Focus Stacking, Photogrammetry, High-Res Images, Photography, Natural Mummy, Depth of Field.

Knowledge of Conservation and Restoration

Vol. 7(2) No.20
September 2024

https://kcr.richt.ir

Pages: 47 to 58

Corresponding Author

Mohammad Reza Alikhah

Expert of the World Heritage Restoration of Takht-e Jamshid.

Email

Mohamadreza.alikhah@gmail.com

Copyright © 2020,Knowledge of Conservation and Restoration. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0. International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

مستند نگاری پایش‌محور مرد نمکی شماره یک متعلق به موزه ملی ایران با تلفیق روش انباشت تصویر و پانوراما

محمدرضا علیخواه[1*]، آنیسا شیری[2]، شهرزاد امین‌شیرازی[3]، محمدحسین برومند[4]

۱. کارشناس مرمت آثار تاریخی، پایگاه میراث جهانی تخت جمشید، ایران.

۲. کارشناس ارشد مرمت آثار تاریخی، پایگاه میراث جهانی تخت جمشید، ایران.

۳. عضو هیئت علمی پژوهشکده مرمت آثار تاریخی – فرهنگی. ایران.

۴. پژوهشگر آزاد.

چکیده

مرد نمکی شماره یک در سال ۱۳۷۲ به‌صورت تصادفی در معدن چهرآباد زنجان کشف گردید. این مومیایی طبیعی هم‌اکنون در موزه ملی نگهداری می‌شود. مستند نگاری قبل و بعد پاک‌سازی مردان نمکی ایران با تلفیق روش‌های مختلف عکاسی و پردازش به‌وسیله نرم‌افزارهای تخصصی انباشت تصویر صورت گرفت. این مقاله به مستند نگاری پایش‌محور مرد نمکی شماره ۱ موجود در موزه ملی ایران می‌پردازد. این پروژه با تلفیق روش انباشت تصویر و پانوراما انجام شد. خروجی نهایی این پروژه تصاویر High res از ۵ زاویه مختلف با عمق میدان وضوح کامل از قبل و بعد از پاک‌سازی بود. بزرگ‌ترین تصویر پروژه مربوطه دارای تراکم پیکسل ۶۴۹,۴ مگا پیکسل مربوط به نمای روبه‌روی این اثر است. این پروژه چالش‌های پیش‌روی خود را داشت. وجود موی سر و صورت مرد نمکی شماره ۱، در تطبیق عکس‌ها مشکل ایجاد می‌کرد. همچنین وجود گوشواره طلا که به روش ماکروگرافی مستند نگاری شد، چالش دیگر این پروژه بود. هدف این پروژه ثبت تصاویر پایش محور با بالاترین جزئیات ممکن قبل و بعد از پاک‌سازی بود؛ بنابراین کلیه مراحل در مستند نگاری قبل از پاک‌سازی با دقت ترسیم و یادداشت‌برداری و مجدداً بعد از پاک‌سازی تکرار شد. یادداشت‌برداری از شرایط حین عکاسی و حساسیت در مطابقت رنگ و نور و بافت در قبل و بعد از پاک‌سازی، مسیری برای پایش علمی این اثر در آینده ایجاد کرد. در نتیجه با اندکی برنامه‌ریزی به‌راحتی می‌توان یک مستند نگاری ساده و فاقد ارزش پایش را به مستند نگاری پایش‌محور تبدیل کرد.

واژگان کلیدی: انباشت تصویر، فتوگرامتری، پایش، عکاسی پانوراما، مومیایی طبیعی.

فصل‌نامه دانش حفاظت و مرمت

سال هفتم، شماره ۲
شماره پیاپی ۲۰، تابستان ۱۴۰۳

https://kcr.richt.ir

صفحات: ۴۷ تا ۵۸

نویسنده مسئول

محمدرضا علیخواه

کارشناس مرمت آثار تاریخی، پایگاه میراث جهانی تخت جمشید، ایران.

رایانامه

Mohamadreza.alikhah@gmail.com

دسترسی به این مقاله برای همگان آزاد است. هرگونه استفاده غیرتجاری از آن در صورت ارجاع مناسب، مجاز شناخته می‌شود.

مقدمه

مـردان نمـکی ایـران یـکی از مهم‌تریـن گنجینه‌هـای مومیـایی طبیـعی در جهـان اسـت. اولین مرد نمکی در سـال ۱۳۷۲ ش. در معـدن چهرآبـاد زنجـان حیـن فعالیـت معدنی به‌صـورت تصـادفی کشـف گردیـد (RCCCR,1998.p15). بعـد از ده سـال کـه مجـدداً کاوش‌هـای باستان‌شـناسی در ایـن معـدن از سـر گرفتـه شـد، چهـار مومیـایی طبیـعی دیگـر نیـز کشـف گردیـد. سـالم‌ترین مومیـایی یافـت شـده مـرد نمـکی شـماره چهـار اسـت. کاوش‌هـا و فعالیت‌هـای پژوهـشی ایـن معـدن از سـال ۱۳۹۴ ش. بـا همـکاری و مشـارکت مـوزه و دانشـگاه بوخـوم آلمـان، اداره کل میـراث فرهنـگی اسـتان زنجـان آغـاز گشـت. تاکنـون ایـن گنجینـه از ابعـاد مختلـف باستان‌شـناسی و پژوهـشی مـورد بـررسی قرارگرفتـه اسـت (Aali, et al .2020).

در خصـوص حفاظـت و مرمـت نیـز در ایـن سـال‌ها فعالیت‌هـای پژوهشی-حفاظـتی پیشـگیرانه‌ای صـورت گرفـت (Hadian Dehkordi, 2021). پروژه مسـتند نگاری مـردان نمـکی، بخـشی از همـکاری بلندمـدت مـوزه صنعت و معـدن بوخـوم آلمـان بـا مـوزه مـردان نمـکی زنجـان و سـایر ارگان‌هـای مربوطـه اسـت. ایـن مسـتند نـگاری مربـوط بـه پـروژه پاک‌سـازی و حفاظـت مـردان نمـکی ایـران از طـرف پژوهشـکده مرمـت آثـار تاریـخی بـود کـه در دو بخـش مـوزه ایـران باسـتان و مـوزه مـردان نمـکی زنجـان در سـال ۱۳۹۹. ش انجـام شـد (RCCCR.1998).

از آن‌جـایی کـه مـردان نمـکی ایـران مومیایی‌هـای طبیـعی هسـتند و ایـن مومیایی‌هـای طبیـعی بـه هـر حـال در طول زمـان دچـار فسـاد و تخریـب خواهنـد شـد، جهـت حفاظت و پایـش آن‌هـا ایـن مسـتند نـگاری اهمیـت داشـت. هـدف از ایـن مسـتند نـگاری ثبـت تصاویـر بـا رزولوشـن و دقـت بـالا بـود کـه بتـوان ایـن تصاویـر را مبنـای پایـش ایـن آثـار در آینـده قلمـداد کـرد. کار مسـتند نـگاری در راسـتای تصویربـرداری قبـل و بعـد از پاک‌سـازی مـردان نمـکی صـورت گرفـت. لـذا تطابـق تصاویـر قبـل و بعـد حائـز اهمیـت بـود؛ بنابرایـن در تمـام مراحـل کلیـه عوامـل حیـن عـکاسی ماننـد فاصلـه و زاویـه دوربیـن نسـبت بـه موضوع، ارتفـاع دوربیـن از سـطح زمیـن و ارتفـاع موضـوع از سـطح زمیـن بـا دقـت ثبـت گردیـد.

همچنیـن در خصـوص منابـع نـور نیـز ارتفـاع، زاویـه تابش، فاصلـه و زاویـه افـقی منابـع نـور و نـوع شـکل دهنده‌هـای نـور در دفترچـه مخصـوص ثبـت گردیـد و دقیقـاً در عکاسی بعـد از مرمـت همیـن مسـائل بـر اسـاس دفترچـه مذکـور چیدمـان شـدند. در هـر موزاییـکی کـه می‌بایسـت عـکاسی و انباشـت تصاویـر[1] انجـام می‌شـد، ابتـدا بـرای تصحیـح و تطبیـق رنـگ و نـور تصاویر با یکدیگـر، از کارت خاکسـتری ۱۸ درصـد[2] عـکاسی شـد. بعـد از آن‌کـه در هـر موزاییـک، رنـگ و نـور بـر اسـاس کارت خاکسـتری هماهنگ شـد، در کامپیوتـر پـردازش و خـروجی نهـایی به‌دسـت آمـد. عکاسی در حـد امـکان بـا بزرگنمـایی نزدیـک یک‌به‌یـک صـورت گرفـت تـا در آینـده بتـوان تغییـراتی کـه در بافت‌هـای انسـانی و آثـار، صـورت گرفتـه اسـت را پایـش کـرد.

پیشینه

در دنیـای هنـر و آثـار تاریـخی عـکاسی رزولوشـن بـالا[3] و انباشـت تصویـر در سـال‌های نـه چنـدان دور انجـام شـده اسـت. در سـال ۲۰۱۹ م. بزرگ‌تریـن عکـس از یـک اثـر هنـری تاریـخی یعـنی نقـاشی گشـت شـبانه رامبرانـد[4] در مـوزه مـلی آمسـتردام[5] بـا رزولوشـن باورنکـردنی ۷۱۷ گیگاپیکسـل ثبـت گردیـد. گـروه مسـتندنگار از یـک دوربیـن هسـلبلاد H6D 400 MS بـا تصدانـه (رزولوشـن) ۱۰۰ مـگا پیکسـل اسـتفاده کردنـد. در پایـان عـکاسی، تعـداد ۸۴۳۰ عکـس را بـا اسـتفاده از هـوش مصنـوعی بـه یکدیگـر متصـل کردنـد تـا در نهایـت یـک عکـس ۵.۶ ترابایـتی بدسـت بیایـد. فاصلـه بیـن دو پیکسـل در ایـن عکـس ۵ میکرومتـر اسـت؛ یعـنی کوچک‌تـر از سـلول‌های قرمـز خـون انسـان؛ ایـن مسـتند نـگاری بـا هـدف حفاظـت از ایـن اثـر ارزشـمند صـورت گرفـت؛ کـه در دوران همه‌گیـری کرونـا توسـط مـوزه مـلی آمسـتردام در وبسـایت ایـن مـوزه بـه نمایـش درآمـده اسـت؛ امـا نکتـه مهـم در خصـوص مسـتند نـگاری ایـن نقـاشی تخـت بـودن آن اسـت کـه در نهایـت به‌همیـن دلیـل در مقایسـه بـا مـرد نمـکی چالش‌هـای کمتـری بـرای گـروه مسـتند نـگاری ایجـاد می‌کنـد. چـرا کـه در یـک اثـر تخـت عمـق میـدان وضـوح تصویـر را می‌تـوان خیـلی راحت‌تـر از یـک اثـر حجـم‌دار و سـه‌بعدی کنتـرل کـرد.

شکل ۱. در این تصویر شکل کلی انباشت تصویر را می‌توان دید (ترسیم: فریبا معصومی‌پور).

Figure 1. This image shows the general shape of image stacking (Drawing: Fariba Masoumi Pour).

مستند نگاری ونوس فراساسی[۶] را شاید بتوان شبیه‌تر به مستند نگاری مرد نمکی شماره یک دانست. چرا که چالش‌های کمبود عمق میدان و سه‌بعدی بودن در این اثر وجود دارد. ونوس فراساسی با دو روش SfM[7] و انباشت تصویر، فتوگرامتری شده است. ونوس فراساسی یک مجسمه پارینه سنگی ساخته شده از استالاکتیک[۸] به ارتفاع ۸۷ میلی‌متر است. محل کشف این مجسمه در غار فاراساسی جورج در مناطق مرکزی ایتالیا است؛ که در حال حاضر در موزه ملی باستان‌شناسی مارچ در آنکونا نگهداری می‌شود (Clini, 2016).

روش مستندنگاری این مجسمه شبیه به مستند نگاری مرد نمکی شماره یک است، با این تفاوت که در مستند نگاری ونوس فراساسی علاوه بر انباشت تصویر، دوربین به دور موضوع حرکت کرده و تصاویر ثبت شده‌اند؛ که خروجی نهایی تصویر سه‌بعدی است و از تصویر سه‌بعدی به تصاویر تخت از جوانب مختلف دست پیدا کرده‌اند؛ اما در مرد نمکی شماره یک به‌خاطر وجود موی سر و صورت و چالش‌هایی که مو در فتوگرامتری و روش SfM به وجود می‌آورد، تصمیم بر این شد که از جوانب این اثر تصاویر پانوراما[۹] به همراه روش انباشت تصویر ثبت گردد.

شکل ۲. مستند نگاری مردنمکی شماره یک موزه ملی، در کنار گروه حفاظت و مرمت (عکس: محمدرضا علیخواه).

Figure 2. The number one salt man of the National Museum, alongside the conservation and restoration team (Photo: Mohammad Reza Alikhah).

نقطه تمایز مستند نگاری مرد نمکی شماره یک با تمام مثال‌های بالا در این است که این مستند نگاری در حین اجرای پروژه حفاظت و مرمت و هماهنگ با این گروه در راستای پایش قبل و بعد از مرمت صورت گرفت؛ بنابراین مسئله پایش قبل و بعد از پاک‌سازی این اثر اهمیت زیادی داشت.

روش و ابزار

تجهیزات سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد استفاده در این پروژه به شرح جدول ۱ و ۲ است.

اقدامات اولیه

قبل از شروع سفر برای انجام پروژه، به‌دلیل اهمیت سرعت و دقت در اجرای پروژه این روش در ابعاد کوچک‌تر و بر روی یک شیء فرضی امتحان گردید تا مشکلات احتمالی و نیازهای سخت افزاری و نرم‌افزاری مشهود گردد.

بعد از آزمودن چندین نرم‌افزار انباشت تصویر بهترین گزینه نرم‌افزار Helicon focus برآورد شد؛ که در کنار نرم‌افزار فتوشاپ و ACR بخش ابزار نرم‌افزاری ما را در محیط ویندوز تأمین کردند. در حال حاضر چندین نرم‌افزار انباشت تصویر وجود دارد بهترین و معروف‌ترین این نرم‌افزارها Zerene

جدول ۱. فهرست تجهیزات سخت‌افزاری .

Table 1. List of hardware equipment .

نوع	تعداد	مدل
دوربین	۱	Sony alpha7 IV
لنز	۱	Sony Macro 90mm F2.8 G oss
نگهدارنده دوربین	۱	Manfrotto MK290XTA3-3W
منبع نور	۳	Godox V860 N II, Nikon SB 800
شکل‌دهنده نور	۳	Godox 60*90, Godox 60*60
نگهدارنده منبع نور	۳	Godox tripod
کارت خاکستری ۱۸٪	۱	Novafelex
کامپیوتر		
CPU	۱	Intel Core I7 7700
Ram	۲	(16GB)2*8 Gb
Graphic Card	۱	Nvidia 1060 3GB

جدول ۲. فهرست نرم‌افزارهای مورد استفاده.

Table 2. List of software used .

اسم نرم‌افزار	کاربرد
ویرایش عکس	Adobe Photoshop cc2021
مرورگر عکس	Adobe Bridge cc2021
پردازشگر فایل خام	Adobe Camera Raw 14 (ACR)
انباشت تصویر	Helicon focus 7
سیستم عامل	Windows 10 64bit

Stacker, Helicon focus, Adobe Photoshop است؛ اما بنا به دلایلی که ذکر می‌گردد در این پروژه بهترین انتخاب نرم‌افزار Helicon focus بود.

تنها این نرم‌افزار قابلیت ارائه خروجی نهایی انباشت شده به‌صورت فایل خام[10] با قالب DNG [11] را دارا بود. اهمیت این موضوع اولاً به‌خاطر مستند بودن تصاویر خام است و دوماً کیفیت بالای این قالب عکس؛ در دنیای عکاسی قالب خام دقیقاً مانند نگاتیو در عکاسی آنالوگ است، به این معنی که با داشتن فایل خام تصاویر می‌توان از اصالت عکس اطمینان داشت و در هر زمان به آن استناد کرد و مطمئن شد که تصاویر دست‌کاری نشده‌اند (Elmos,2012.p10) .

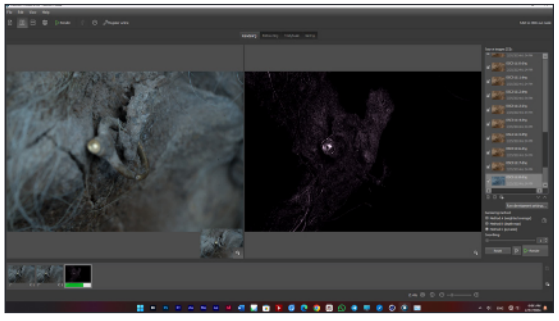
بنابراین مهم‌ترین ویژگی‌های این نرم‌افزار را می‌توان موارد زیر برشمرد.

– این نرم‌افزار از کارت گرافیک پشتیبانی می‌کرد که در سرعت کار تأثیر داشت.

– این نرم‌افزار قابلیت پشتیبانی از دوربین‌های مختلف را دارا بود، به این معنی که می‌توان با استفاده از امکانات داخلی نرم‌افزار در هنگام عکاسی با اتصال دوربین به کامپیوتر به‌صورت زنده از طریق نرم‌افزار عکاسی کرد.

شکل ۳. یکی از اعضا گروه در حین کار با نرم‌افزار Helicon Focus (عکس: محمدرضا علیخواه).

Figure 3. One of the team members working with Helicon Focus software (Photo: Mohammad Reza Alikhah) .



شکل ۴. تصویر محیط نرم‌افزار Helicon focus (تصویر: محمدرضا علیخواه).

Figure 4. Image of the Helicon Focus software environment (Image: Mohammad Reza Alikhah).

آغاز پروژه

عکاسی از مرد نمکی شماره ۱ چالش‌های خاص خود را داشت. اولین چالش ابعاد موضوع بود که در عکاسی کلوزآپ مسئله عمق میدان بسیار کم را به‌وجود می‌آورد. دومین چالش موی مرد نمکی بود که به‌خاطر وجود مو، تطابق عکس‌ها در عکاسی موزاییکی بسیار مشکل می‌شد. لذا امکان عکاسی سه‌بعدی به‌صورت کامل تقریباً کاری بسیار وقت‌گیر و همراه با مشکلات فنی می‌شد که از وقت و شرایط پروژه مذکور خارج بود. باید در نظر داشت که این پروژه، مستند نگاری در حین عملیات پاک‌سازی و درواقع جزئی از این پروژه بود؛ بنابراین مدیریت زمان و هماهنگی با سایر اعضای گروه اهمیت ویژه‌ای داشت. به همین جهت تصمیم گرفته شد که از مرد نمکی شماره یک به‌صورت تلفیقی از دو روش پانوراما و انباشت تصویر عکاسی صورت گیرد. یکی از نکات جذاب مرد نمکی شماره یک دارا بودن گوشواره طلا در گوش بود. از این گوشواره نیز با روش انباشت تصویر و با بزرگنمایی یک به یک عکاسی قبل و بعد پاک‌سازی صورت گرفت.

نورپردازی

نورپردازی مرد نمکی در واقع مشابه نورپردازی پرتره انسان است. برای ثبت بیشترین جزئیات در سایه‌ها و ایجاد حداقل سایه نورپردازی کم کنتراست در نظر گرفته شد. از آنجایی که فرورفتگی‌های چشم خالی بودند و موهای اطراف صورت می‌توانستند بر روی صورت سایه ایجاد کنند، می‌بایست تا حد امکان زوایای نور از روبه‌رو تابیده شوند؛ اما عکاسی بسیار نزدیک، مانع این موضوع می‌شد (Norrenberg,2022. p132). از طرفی بسته شدن دیافراگم ایجاب می‌کرد که منابع نور به موضوع نزدیک باشند. با در نظر گرفتن شرایط پروژه و ابعاد محل کارگاه تعداد سه اسپیدلایت بهترین انتخاب برای این پروژه بود. دو سافت باکس ۶۰×۶۰ از روبه چهره را نوردهی کردند. یک سافت باکس ۶۰×۹۰ نوردهی موها را انجام داد. در عکاسی به‌وسیله لنز ماکرو ۹۰ میلی‌متری عمق میدان وضوح بسیار کم است، حتی اگر دیافراگرام تا عدد ۳۲ هم بسته شود، باز هم عمق میدان کافی برای وضوح کل تصویر به‌دست نمی‌آید. هر چند که استفاده از دیافراگم‌های بسیار بسته نظیر ۳۲ باعث افت کیفیت بسیار زیاد تصویر می‌گردد و بهترین کیفیت تصویر در لنز ماکرو ۹۰ اف ۲.۸ در دیافراگم‌های ۸ تا ۱۱ به دست می‌آید (Langford & Bilili, 2010.p92)؛ بنابراین با استفاده از نرم‌افزار محاسبه عمق میدان Photo Pills و با توجه به فاصله ۳۰ سانتی‌متری دوربین تا موضوع و دیافراگم ۱۳ در هر تصویر عمق میدان حدوداً ۰.۶۳ سانتی‌متر است. در هر کادر نیز عمقی در حدود ۳۰

شکل ۵. بخشی از تصویر مرد نمکی شماره ۱ بدون انباشت تصویر (تصویر: محمدرضا علیخواه).

Figure 5. A portion of the image of the number one salt man without image stacking (Image: Mohammad Reza Alikhah).

شکل ۶. تصویر سمت راست با تکنیک انباشت تصویر (تصویر: محمدرضا علیخواه).

Figure 6. The right-side image using image stacking technique (Image: Mohammad Reza Alikhah).

سانتی‌متر باید ثبت گردد. با توجه به اطلاعات ذکر شده برای داشتن تصویری با عمق میدان وضوح کامل در هر موزاییک حداقل می‌بایست ۱۵ عکس با واضح‌سازی متفاوت عکاسی گردد. از آنجایی که میزان دایره اغتشاش در این محاسبات به درستی دیده نمی‌شود، بهتر است وضوح صددرصدی نصف ۰.۶۳ در نظر گرفته شود تا در زمان تلفیق تصاویر وضوح از دست نرود؛ بنابراین در هر موزاییک حدود ۳۰ عکس با وضوح متوالی ثبت گردید.

نحوه اجرا پروژه

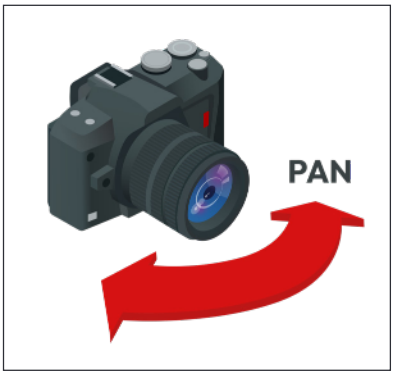
نحوه انجام پروژه به این شکل بود که بعد از جاگذاری و نورسنجی تصاویر و بررسی اولیه آن‌ها در نرم افزار، کلیه موارد حین عکاسی از جمله: ارتفاع محور لنز و دوربین تا زمین؛ فاصله دوربین تا موضوع؛ ارتفاع موضوع تا کف؛ فاصله هر کدام از فلش‌ها تا موضوع؛ ارتفاع پایه فلش‌ها؛ زاویه فلش‌ها؛ و قدرت هر فلش، یادداشت‌برداری شد. این موضوع به کاربر کمک می‌کند تا در عکاسی بعد از مرمت مجدداً بتواند دقیقاً همین نورپردازی را تکرار کند تا به نتایج مشابهی دست یابد. همچنین حفظ و نگهداری این نقشه کمک می‌کند تا در سال‌های آینده به منظور پایش مرد نمکی شماره یک بتوان دقیقاً همین نورپردازی را تکرار کرد.

سرمرد نمکی شماره ۱

بعد از چیدمان لازم و آزمون‌های نورسنجی و بررسی تصاویر در لپ‌تاپ کار اصلی عکاسی آغاز شد. عکاسی از زاویه روبه‌رو مرد نمکی به شکل "تیلت و پن" صورت گرفت. به این شکل که دوربین در حالی که روی سه پایه ثابت است و خود دوربین نسبت به سه‌پایه جابجایی ندارد. فقط سر لنز در جهت عمودی حرکت می‌کند و تصاویر ثبت می‌شوند. حرکت پن هم دقیقا به‌همین شکل است اما در جهت افقی صورت می‌گیرد؛ بنابراین ابتدا دوربین به حالت کاملاً تراز دقیقاً در روبه‌روی بینی مرد نمکی قرار گرفت و بعد از آن عکاسی انجام شد. در بعضی از موزاییک‌ها عمق تصویر در حدود ۲ سانتی‌متر بود. در این بخش‌ها با انباشت حدود ۱۵ تصویر، وضوح کامل به‌دست آمد.

به‌دلیل این‌که علاوه بر مستند نگاری باید به نحوی عکاسی صورت می‌گرفت که تصاویر جهت پایش در آینده هم کاربرد داشته باشند. لذا در هر موزاییک عکاسی شده به‌وسیله کارت خاکستری ۱۸ درصد، تراز سفیدی همان کادر مشخص می‌گردید تا در پایان عکاسی و در هنگام اتصال عکس‌ها در نرم افزار، عکس‌ها از رنگ و نور یکسانی برخوردار باشند (Ash,2016.p.122).

در این مرحله در موزاییک‌های تعیین شده دوربین



شکل ۷. نمایش حرکت تیلت و پن، در این دو حرکت محور حسگر ثابت است و فقط سر لنز به‌صورت منحنی در جهت افقی یا عمودی حرکت می‌کند (ترسیم: فریبا معصومی‌پور).

Figure 7. Demonstration of tilt and pan movements. In these two movements, the sensor axis is fixed and only the lens head moves in a curved manner horizontally or vertically. (Drawing: Fariba Masoumi Pour).

شکل ۸. در این تصویر محل اتصال موزاییک‌ها مشخص است (تصویر: محمدرضا علیخواه).

Figure 8. In this image, the joints of the mosaics are visible. (Image: Mohammad Reza Alikhah).

ثابت شده و کار انباشت تصویر به‌وسیله واضح‌سازی دستی انجام شد. حداقل تعداد تصاویر انباشت شده در هر موزاییک ۱۵ عکس و بیشترین میزان انباشت تصویر ۳۸ عکس بود. مجموعاً برای مستند نگاری از پنج جهت قبل و بعد از پاک‌سازی سر مرد نمکی و گوشواره آن در مجموع تعداد ۱۶۲۵ عکس ثبت گردید. بیشترین عکسی که از جهت روبه‌روی مرد نمکی شماره یک گرفته شد ۳۵۳ عدد بوده است. از پردازش نهایی این تصاویر یک تصویر صددرصد واضح با تفکیک ۶۴۸.۴ مگا پیکسل به دست آمد. تعداد موزاییک‌هایی که از جهت روبه‌رو سر عکاسی شد نیز ۱۳ عدد بود. مقایسه تفکیک نهایی این عکس با یک تصویر ثبت شده با تفکیک ۴۵ مگا پیکسل را می‌توان در عکس شماره ۹ دید.

بعد از عکاسی ابتدا هر موزاییک به‌طور جداگانه برای ویرایش و انباشت تصویر دسته‌بندی و در پوشه‌ای ذخیره شد. سپس در نرم‌افزار Helicon Focus تصاویر با متد C با درجه پراکندگی ۲ انباشت شدند. بنا به آزمون‌های انجام شده در هر سه روش، این روش مناسب‌ترین روش برای انباشت تصویر مرد نمکی ۱ بود. از مجموع تصاویری که وضوح صددرصدی ندارند یک تصویر صددرصد واضح با قالب DNG به دست آمد. تصویر DNG که خود یک قالب خام محسوب می‌گردد. برای ویرایش همگام‌سازی رنگ و نور در خارج از پوشه ذخیره گردید.

برای اصلاح رنگ قبل از این‌که عکاسی اصلی صورت بگیرد از کارت خاکستری ۱۸ درصد به‌طوری که کل کادر را به پوشاند به‌عنوان معیار عکاسی شد.

شکل ۹. تصویر سمت راست بالا، برش صددرصد از خروجی ۶۴۸.۴ مگاپیکسلی است. تصویر سمت چپ بالا، یک عکس ۴۵ مگاپیکسلی از همان نقطه با همان نورپردازی است. (تصویر: محمدرضا علیخواه).

Figure 9. The upper right image is a 100% crop of the 648.4-megapixel output. The upper left image is a 45-megapixel photo of the same point with the same lighting. (Image: Mohammad Reza Alikhah).

قبل از ویرایش عکس انباشت شده بر اساس عکس ثبت شده از کارت خاکستری یک پروفایل رنگی ایجاد شده بعد همان پروفایل بر روی تصویر نهایی پیاده شد. در نهایت بعد از ویرایش نهایی، تمامی فایل‌ها در پلاگین ACR به‌صورت پانوراما با هم یکی شدند و یک تصویر High res بدست آمد. تمامی این مراحل برای عکاسی قبل و بعد از پاک‌سازی مرد نمکی شماره یک تکرار شد.

بحث و پیشنهاد

مستند نگاری آثار تاریخی در پروژه‌های مرمتی نکات کلیدی فراوانی باید در نظر گرفته شود. در حقیقت تفاوت بین عکس‌برداری و مستند نگاری دقت در ثبت تصاویر با عمق میدان کامل و دقت در ثبت و ضبط درست رنگ‌ها است؛ اما ممکن است به‌هر دلیلی در یک پروژه باستان‌شناسی و یا حفاظت و مرمت امکانات لازم برای چنین مستند نگاری وجود نداشته باشد. پیشنهاد می‌شود حتی اگر دوربین و تجهیزات مناسبی برای مستند نگاری پایش‌محور در دسترس نبود، با همان دوربین یا موبایلی در اختیار، با قالب خام عکاسی شود. چرا که عکاسی با قالب خام امکانات نرم افزاری بسیار گسترده‌ای در اختیار ویرایشگر می‌گذارد. ثبت اطلاعات تصویر به‌صورت خام این امکان را به‌وجود می‌آورد که با پیشرفت فنّاوری و نرم‌افزار شاید بتوان در آینده اطلاعات بیشتری از تصویر ذخیره شده را استخراج کرد.

ویرایش نهایی

بعد از به‌دست آمدن تصویر نهایی، پس‌زمینه تصویر که در بعضی قسمت‌ها کمبود داشت و یکدست نبود اصلاح شد و تصویر نهایی به‌دست آمد. به‌طور کلی هیچ نوع ویرایشی جز اصلاح رنگ و نور و همسان‌سازی پس‌زمینه انجام نشده است.

شکل ۱۰. تصاویر قبل و بعد از پاکسازی گوشواره مرد نمکی شماره یک، با بزرگنمایی ۱-۱ (تصویر: محمدرضا علیخواه).

Figure 10. Images before and after cleaning the earring of the number one salt man, at a magnification of 1-1 (Image: Mohammad Reza Alikhah).

مستند نگاری گوشواره مرد نمکی شماره ۱

مستند نگاری پایش محور گوشواره با بزرگنمایی ۱ به ۱ صورت گرفت. به این شکل که صفحه کانونی[۱۲] تا نزدیک‌ترین سطح گوشواره در فاصله ۲۸ سانتی‌متری[۱۳] قرار داده شد. به این ترتیب این اطمینان حاصل شد که تصویر گوشواره بر روی حسگر دارای بزرگنمایی ۱ به ۱ است. از این به بعد با استفاده از یک سافت باکس ۶۰ ×۶۰ و تمام قدرت فلاش ۳۳ فریم عکاسی شد تا بعد از انباشت تصویر در حدود ۱ سانتی‌متر عمق میدان وضوح کامل به دست بیاید. برای به‌دست آوردن بالاترین تفکیک، دیافراگم بر روی عدد ۹ تنظیم شد (Jafarian,1997.p250). در این بخش جهت دوربین تغییری نداشت. دوربین کاملاً بر روی سه پایه ثابت بوده است و فقط عمل واضح‌سازی در لایه‌های پشت سر هم صورت گرفت.

پس از انباشت این تصاویر در نرم‌افزار Helicon Focus تصویر نهایی برای تنظیمات رنگ و نور و پردازش نهایی با قالب DNG ذخیره گردید.

نتیجه‌گیری

همان‌گونه که گفته شد مستند نگاری اثر تاریخی یکی از ارکان مهم حفاظت و مرمت است. در گذشته تصاویر زیادی از مردان نمکی زنجان ثبت شده اما هیچ‌کدام از آن تصاویر با هدف پایش بلند مدت انجام نشده‌اند. حتی اگر از نگاهی وسیع‌تر به موضوع مستند نگاری آثار تاریخی بنگریم شاهد آنیم که نگاه پایش‌محور در مستند نگاری آثار تاریخی بسیار محدود است. به‌راحتی می‌توان با یادداشت‌برداری و ثبت جزئیات صحنه عکاسی، یک مستند نگاری ساده را به یک مستند نگاری پایش‌محور و علمی تبدیل کرد.

از آنجایی که حفاظت و مرمت یک اثر تاریخی جزئی از هویت تاریخی آن اثر است هر تغییری که توسط حفاظت‌گران ایجاد می‌شود باید به‌درستی و حساسیت ضبط گردد تا روند تاریخی این تغییرات همیشه شفاف و قابل درک باشد؛ اما مسئله بسیار مهم دیگر در خصوص موضوع پایش آثار با بافت پروتئینی است. این حساسیت و وسواس در مستند نگاری آثار دارای بافت‌های پروتئینی باید بیشتر رعایت گردد. چرا که هر نوع تغییر رنگ، بافت و یا فرم اثر می‌تواند حامل یک اخطار مهم و زودهنگام برای حفاظت‌گران آن اثر تاریخی باشد. کوچک‌ترین تغییراتی در رنگ، بافت و یا فرم در چنین آثاری می‌تواند نشانه رشد میکروارگانیسم‌ها و یا شروع فساد درونی اثر باشد؛ بنابراین با ثبت تصاویر علمی و پایش‌محور می‌توان آسان‌تر و سریع‌تر نتایج منطقی از روند تغییرات این آثار به‌دست آورد و اقدامات لازم را اتخاذ کرد.

نکته حائز اهمیت این است که این تغییرات در حالت عادی و بررسی‌های روزانه کارشناسان قابل مشاهده نیستند. عوامل متعددی همچون خستگی بیننده، تغییرات رنگی محیط، رنگ منابع نوری موجود در موزه و بسیاری عوامل دیگر در چنین بررسی‌های ایجاد خطای فاحش می‌کند. فقط مقایسه پهلو به پهلوی

تصاویـر بـه‌دسـت آمـده از مسـتندنگاری پایش‌محـور باعـث حـذف ایـن خطاهـا می‌گـردد. بـا یادداشـت‌برداری و ضبـط دقیـق اطلاعـات عـکاسی قبـل و بعـد از حفاظـت و مرمـت می‌تـوان پایـش رنـگ، بافـت و فـرم شیء را انجام داد. ارائـه اطلاعـات حیـن عـکاسی بـه شـکل گـزارش کار و نگهـداری ایـن اطلاعـات توسـط نهادهـای مربوطـه، می‌توانـد تـا قرن‌هـا پایـش ایـن آثـار را امکان‌پذیـر کنـد.

سپاسگزاری

از یـار و همـراه همیشـگی‌ام فریبـا معصومی‌پـور بـرای تصویرسـازی مقالـه و همچنیـن از جنـاب آقـای دکتـر مجتـبی دورودی و خانـم مهرنـاز بردبـار کـه در ویرایـش و جمـع‌آوری منابـع ایـن مقالـه یاری‌رسـان بودنـد، سپاسـگزاری می‌شـود.

حامیان مادی و معنوی

پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی ـ فرهنگی.

پی‌نوشت‌ها

۱. Focus Stacking: بـه روشی بـرای گسـترش عمـق میـدان تصویـر به‌وسیلـه ادغـام تصاویـر مختلـف از یـک نقطـه خـاص بـا عمـق میدان‌هـای کـم گفتـه می‌شـود. ایـن فـن عمدتـاً در عـکاسی ماکـرو و یـا کلـوزآپ انجـام می‌شـود. چـرا کـه در ایـن فواصـل و بـا اسـتفاده از لنزهـای بلنـد عـکاسی عمـق میـدان بسیـار کاهـش می‌یابـد. در عـکاسی ماکـرو یـا کلـوزآپ حـتی اگـر دیافراگـم کاملاً هم‌بسـته باشـد بـاز لنـز قـادر بـه واضح‌سـازی کل عمـق تصویـر نیسـت. ایـن فـن فقـط در مسـتندنگاری و حفاظـت آثـار تاریـخی اسـتفاده نمی‌شـود بلکـه در عـکاسی جواهـرات و اشیـاء ریـز نیـز کاربـرد دارد(Daffara, 2022, p. 3). ایـن روش می‌توانـد بـرای به‌دسـت آوردن تصویـر سـه‌بعدی بـا روش (Structure from Motion (SfM تلفیـق گـردد بـه ایـن ترتیـب تصویـری بسیـار واضـح و سـه‌بعدی از شیء مـورد نظـر خواهیـم داشـت.

۲. Grey Card: کارت خاکسـتری رنـگی کـه فقـط هجـده درصـد از نـور را بازتـاب می دهـد و بـرای تـراز سـفیدی و نورسـنجی دوربیـن اسـتفاده می‌گـردد.

3. High resolution photography.

4. The Night Watch.

5. Rijksmuseum.

6. Venus of Farasassi.

۷. Structure From Motion در ایـن روش علاوه بـر اینکـه بـرای هـر موزاییـک از روش انباشـت تصویـر اسـتفاده می‌گـردد بـا حرکـت دوربیـن بـه دورتـادور موضوع و پـردازش ایـن تصاویـر در نرم‌افـزار فتوگرامتـری، در نهایت یـک حجـم سـه‌بعدی صددرصـد واضـح بدسـت می‌آیـد (Clini, 2016).

8. Stalactite.

۹. Panorama عـکاسی از موضـوعی بـا زاویـه دیـد وسیـع کـه در نهایـت تصاویـر بایـد در چـاپ یـا بوسیلـه نـرم افـزار بـه یکدیگـر متصـل شـده و تصویـری یکپارچـه را تشـکیل دهـد (Abbasi,2006.p36).

۱۰. RAW Format بـه قالـبی گفتـه می‌شـود کـه اطلاعـات تصویـر بـدون تغییـر از روی حسـگر ذخیـره می‌شـوند (Longford et al, 2010, p. 122).

۱۱. Digital Negative یـک نـوع قالـب خـام اسـت کـه در سـال ۲۰۰۴ توسـط شـرکت ادوبی ابداع شـد.

12. Focal Plane.

۱۳.کمتریـن فاصلـه واضح‌سـازی لنـز سـونی ۹۰ میلیمتـری جی او اس اس ۲۸ سـانتی متـر اسـت.

منابع

Aali, Abolfazl, Stollner, Thomas, & Firuzmandi, Bahman. (2020). Analyzing Archaeological Finds from the Chehrabad Salt Mine. Journal of Archaeological Studies, 11(2) (Serial NO. 20), 191-210. SID. https://sid.ir/paper/409559/en. [In Persian].

[عـالی، ابوالفضـل؛ اشـتولنر، تومـاس؛ و فیروزمنـدی، بهمـن. (۱۳۹۸). تحلیـل نتایـج کاوش‌های باسـتان شـناسی معـدن نمـک چهرآباد. مطالعات باسـتان شـناسی (دانشـکده ادبیات و علوم انسـانی دانشـگاه تهـران)، ۱۱(۲) (پیـاپی ۲۰)، ۱۹۱-۲۱۰. [SID. https://sid.ir/paper/409559/fa

Abbasi, I. (2006). Dictionary of photography. Tehran, Iran: Soroush Publications. 257 pp. [In Persian].

[عباسی، اسماعیل. (۱۳۸۵). فرهنگ عکاسی. تهران، انتشارات سروش، ۲۵۷ ص].

Ash, T. P. (2016). Color management and quality control: From camera to display to print. (K. Veli Nejad, Trans.). Tehran, Iran: Beheq Book. 407 pp. [In Persian].

[اش، تام. پ. (۱۳۹۵). مدیریت رنگ و کنترل کیفیت کار با رنگ از دوربین تا نمایشگر و تصویر چاپی). ترجمه: کیهان ولی‌نژاد(. تهران، بیهق کتاب. ۴۰۷ ص].

Clini, P. (2016). SfM Technique and Focus Stacking for Digital Documentation of Archaeological Artefacts. Proc. 23rd ISPRS Congress, 229-236.

Daffara, C. (2022). Focus-stacking system for 3D acquisition of sculptures and archaeological manufacts. J. Phys.: Conf. Ser. 2204 012077, 3.

Elmos, K. (2012). Raw photography. (A. Tehrani, Trans.). Tehran, Iran: Avand Publications. 293 pp. [In Persian].

[ال‌موس، کوین. (۱۳۹۱). عکاسی با فرمت Raw.) ترجمه علی تهرانی(. تهران، انتشارات آوند، ۲۹۳ ص].

Hadian Dehkordi, Manijeh. (2021). The Natural Mummies of Zanjan Salt Mine and Preventive Conservation Approach for their Preservation. Journal of Research on Archaeometry, 7(1), 231-251. SID. https://sid.ir/paper/962720/en. [In Persian].

[هادیان دهکردی، منیژه. (1400). مومیایی‌های طبیعی معدن نمک زنجان و رویکرد حفاظت پیشگیرانه برای حفظ و نگهداری از آنها، پژوهه باستان‌سنجی، 7(1)، 231-251. SID. https://sid.ir/paper/962720/fa].

Jafarian, H. (1997). Lens in photography and cinematography. Tehran, Iran: Soroush Publications. 319 pp. [In Persian].

[جعفریان، حسین. (۱۳۷۶). عدسی در عکاسی و فیلمبرداری. تهران، انتشارات سروش. ۳۱۹ ص].

Longford, M., Fox, A., & Sowdon Smith, R. (2010). Basic Photography. 9 Edition, Elsevier Ltd, USA, 464.

Langford, M., & Bilili, E. (2010). Advanced photography. (R. Nabavi, Trans.). Tehran, Iran: University of Art. 640 pp. [In Persian].

[لنگفورد، مایکل؛ و بیلیسی، افتیمیا. (۱۳۸۹). عکاسی پیشرفته.)ترجمه رضا نبوی(. تهران، دانشگاه هنر ، ۶۴۰ ص].

Norrenberg, W. (2022). Portrait lighting: Techniques and applications. (H. Shahrokhi, Trans.). Tehran, Iran: Nashr-e Markaz. 217 pp. [In Persian].

[نورنبرگ، والتر. (۱۴۰۱). نورپردازی تک‌چهره، تکنیک‌ها و کاربردها.)ترجمه حمید شاهرخ(. تهران، نشر مرکز، ۲۱۷ ص].

Research Center for Conservation of Cultural Relics-RCCCR. (1998). Salt Man: Scientific Investigations Carried out on Saltman Mummified Remains and its Artifacts from Zanjan. Tehran, Iran: Research Center for Conservation of Cultural Relics. 48 pp. [In Persian].

[پژوهشکده مرمت آثار تاریخی. (۱۳۷۷). مرد نمکی، مطالعات علمی انجام شده روی آثار مومیایی و اشیاء مکشوفه از زنجان. پژوهشکده مرمت آثار تاریخی، تهران، ۴۸ ص].

https://www.rijksmuseum.nl/en/stories/operation-night-watch/story/ultra-high-%20resolution-image-of-the-night-watch.

https://www.adobe.com/creativecloud/file-types/image/raw/dng-file.html#history-of-the-dng-file.