

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.riht.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

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

محمدرضا علیخواه^{۱*}، آنیسا شیری^۲، شهرزاد امین شیرازی^۳، محمدحسین برومند^۴

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 به صورت 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 به وسیله نرم‌افزارهای تخصصی انباشت تصویر صورت گرفت. این مقاله به مستند نگاری پایش محور 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 به راحتی می‌توان یک مستند نگاری ساده و فاقد ارزش پایش را به مستند نگاری پایش محور 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

Mohamadrezha.alikhah@gmail.com

مقدمه

مردان نمکی ایران یکی از مهم‌ترین گنجینه‌های مومیایی طبیعی در جهان است. اولین مرد نمکی در سال ۱۳۷۲ ش. در معدن چهرآباد زنجان حین فعالیت معدنی به‌صورت تصادفی کشف گردید (RCCCR, 1998, p15). بعد از ده سال که مجدداً کاوش‌های باستان‌شناسی در این معدن از سر گرفته شد، چهار مومیایی طبیعی دیگر نیز کشف گردید. سالم‌ترین مومیایی یافت شده مرد نمکی شماره چهار است. کاوش‌ها و فعالیت‌های پژوهشی این معدن از سال ۱۳۹۴ ش. با همکاری و مشارکت موزه و دانشگاه بوخوم آلمان، اداره کل میراث فرهنگی استان زنجان آغاز گشت. تاکنون این گنجینه از ابعاد مختلف باستان‌شناسی و پژوهشی مورد بررسی قرار گرفته است (Aali, et al. 2020).

در خصوص حفاظت و مرمت نیز در این سال‌ها فعالیت‌های پژوهشی-حفاظتی پیشگیرانه‌ای صورت گرفت (Hadian Dehkordi, 2021). پروژه مستند نگاری مردان نمکی، بخشی از همکاری بلندمدت موزه صنعت و معدن بوخوم آلمان با موزه مردان نمکی زنجان و سایر ارگان‌های مربوطه است. این مستند نگاری مربوط به پروژه پاک‌سازی و حفاظت مردان نمکی ایران از طرف پژوهشکده مرمت آثار تاریخی بود که در دو بخش موزه ایران باستان و موزه مردان نمکی زنجان در سال ۱۳۹۹ ش. انجام شد (RCCCR, 1998).

از آنجایی که مردان نمکی ایران مومیایی‌های طبیعی هستند و این مومیایی‌های طبیعی به هر حال در طول زمان دچار فساد و تخریب خواهند شد، جهت حفاظت و پایش آن‌ها این مستند نگاری اهمیت داشت. هدف از این مستند نگاری ثبت تصاویر با رزولوشن و دقت بالا بود که بتوان این تصاویر را مبنای پایش این آثار در آینده قلمداد کرد. کار مستند نگاری در راستای تصویربرداری قبل و بعد از پاک‌سازی مردان نمکی صورت گرفت. لذا تطابق تصاویر قبل و بعد حائز اهمیت بود؛ بنابراین در تمام مراحل کلیه عوامل حین عکاسی مانند فاصله و زاویه دوربین نسبت به موضوع، ارتفاع دوربین از سطح زمین و ارتفاع موضوع از سطح زمین با دقت ثبت گردید.

همچنین در خصوص منابع نور نیز ارتفاع، زاویه تابش، فاصله و زاویه افقی منابع نور و نوع شکل دهنده‌های نور در دفترچه مخصوص ثبت گردید و دقیقاً در عکاسی بعد از مرمت همین مسائل بر اساس دفترچه مذکور چیدمان شدند. در هر موزاییکی که می‌بایست عکاسی و انباشت تصاویر^۱ انجام می‌شد، ابتدا برای تصحیح و تطبیق رنگ و نور تصاویر با یکدیگر، از کارت خاکستری ۱۸ درصد^۲ عکاسی شد. بعد از آن که در هر موزاییک، رنگ و نور بر اساس کارت خاکستری هماهنگ شد، در کامپیوتر پردازش و خروجی نهایی به‌دست آمد. عکاسی در حد امکان با بزرگنمایی نزدیک یک‌به‌یک صورت گرفت تا در آینده بتوان تغییراتی که در بافت‌های انسانی و آثار، صورت گرفته است را پایش کرد.

پیشینه

در دنیای هنر و آثار تاریخی عکاسی رزولوشن بالا^۳ و انباشت تصویر در سال‌های نه چندان دور انجام شده است. در سال ۲۰۱۹ م. بزرگ‌ترین عکس از یک اثر هنری تاریخی یعنی نقاشی گشت شبانه رامبراند^۴ در موزه ملی آمستردام^۵ با رزولوشن باورنکردنی ۷۱۷ گیگاپیکسل ثبت گردید. گروه مستندنگار از یک دوربین هسلبلاک H6D 400 MS با تصادنه (رزولوشن) ۱۰۰ مگاپیکسل استفاده کردند. در پایان عکاسی، تعداد ۸۴۳۰ عکس را با استفاده از هوش مصنوعی به یکدیگر متصل کردند تا در نهایت یک عکس ۵۶ ترابایتی بدست بیاید. فاصله بین دو پیکسل در این عکس ۵ میکرومتر است؛ یعنی کوچک‌تر از سلول‌های قرمز خون انسان؛ این مستند نگاری با هدف حفاظت از این اثر ارزشمند صورت گرفت؛ که در دوران همه‌گیری کرونا توسط موزه ملی آمستردام در وبسایت این موزه به نمایش درآمده است؛ اما نکته مهم در خصوص مستند نگاری این نقاشی تخت بودن آن است که در نهایت به‌همین دلیل در مقایسه با مرد نمکی چالش‌های کمتری برای گروه مستند نگاری ایجاد می‌کند. چرا که در یک اثر تخت عمق میدان وضوح تصویر را می‌توان خیلی راحت‌تر از یک اثر حجم‌دار و سه‌بعدی کنترل کرد.



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 مردنمکی 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.

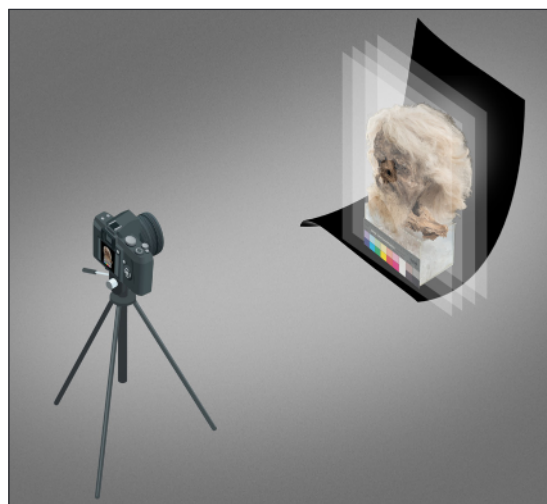
روش و ابزار

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، به دلیل 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 سخت‌افزاری 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



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 مردنمکی شماره یک دانست. چرا که چالش‌های کمبود عمق میدان و سه‌بعدی بودن در این اثر وجود دارد. ونوس فراساسی با دو روش SfM^۷ 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 مردنمکی 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 مردنمکی 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.

جدول ۱. فهرست تجهیزات سخت افزاری .

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
شکل دهنده 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 نرم افزارهای مورد استفاده .

Table 2. List of software used .

اسم نرم افزار	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

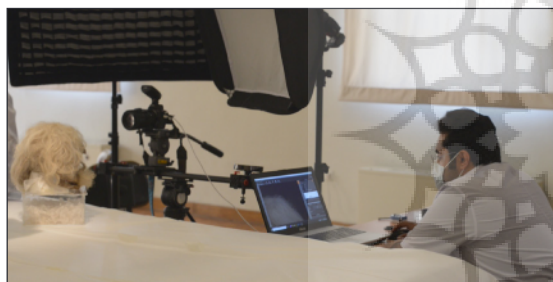
Stacker, Helicon focus, Adobe Photoshop است؛ اما بنا به دلایلی که ذکر می گردد در این پروژه بهترین انتخاب نرم افزار Helicon focus بود.

تنها این نرم افزار قابلیت ارائه خروجی نهایی انباشت شده به صورت فایل خام^{۱۱} یا قالب^{۱۲} DNG را دارا بود. اهمیت این موضوع^{۱۳} اولاً به خاطر 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 می توان از اصالت عکس اطمینان داشت و در هر زمان به آن استناد کرد و مطمئن شد که تصاویر دست کاری نشده اند (Elmos,2012.p10). بنابراین مهم ترین ویژگی های این نرم افزار را می توان موارد زیر برشمرد.

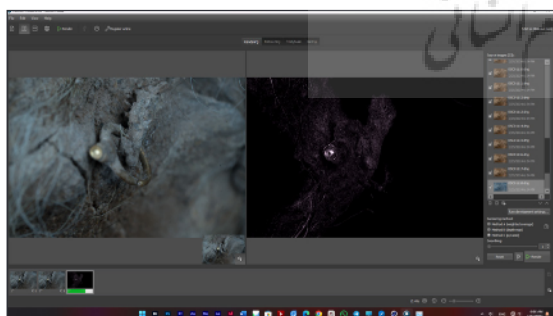
- این نرم افزار از کارت گرافیک پشتیبانی می کرد که در سرعت کار تأثیر داشت.

- این نرم افزار قابلیت پشتیبانی از دوربین های مختلف را دارا بود، به این معنی که می توان با استفاده از امکانات داخلی نرم افزار در هنگام عکاسی با اتصال دوربین به کامپیوتر به صورت زنده از طریق نرم افزار عکاسی کرد.



شکل ۳. یکی از اعضا گروه در حین کار با نرم افزار 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 نرم افزار 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 به وجود می‌آورد. دومین چالش موی مرد نمکی بود که به خاطر وجود مو، تطابق عکس‌ها در عکاسی موزاییکی بسیار مشکل می‌شد. لذا امکان عکاسی سه‌بعدی به صورت 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 به صورت 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 روبه‌چهره را نوردهی کردند. یک سافت باکس ۹۰×۶۰ نوردهی موها را انجام داد. در عکاسی به وسیله 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 به دست 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 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).



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).

سرمد 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 سه پایه جابجایی ندارد، فقط سر لنز در جهت عمودی حرکت می‌کند و تصاویر ثبت می‌شوند. حرکت پن هم دقیقاً به همین 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 به دست آمد.

به دلیل این که 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 به وسیله 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

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.

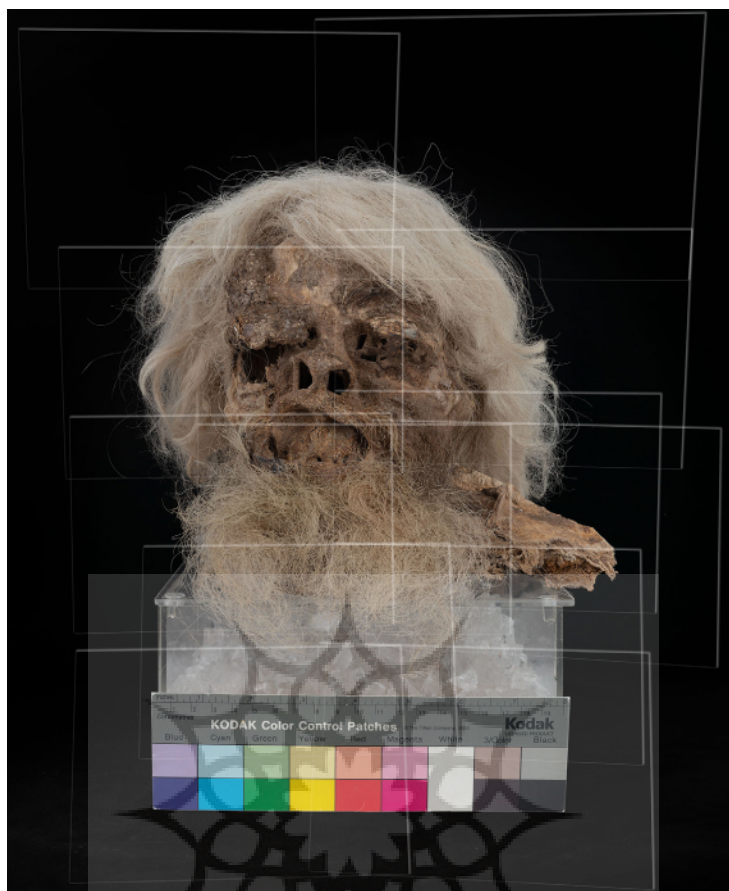
نحوه اجرا پروژه

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.



شکل ۷. نمایش حرکت تیلت و پن، در این دو حرکت محور حسگر ثابت است و فقط سر لنز به صورت 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).

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 این که عکاسی اصلی صورت بگیرد از کارت خاکستری ۱۸ درصد به‌طوری که کل کادر را به پوشاند به‌عنوان معیار عکاسی شد.

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.



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).

نداشته باشد. پیشنهاد می‌شود حتی اگر دوربین و تجهیزات مناسبی برای مستند نگاری پایش محور 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 به صورت خام این امکان را به وجود می‌آورد که با پیشرفت فناوری و نرم افزار شاید بتوان در آینده اطلاعات بیشتری از تصویر ذخیره شده را استخراج کرد.

ویرایش نهایی

بعد از به دست آمدن تصویر نهایی، پس زمینه تصویر که در بعضی قسمت‌ها کمبود داشت و یکدست نبود اصلاح شد و تصویر نهایی به دست آمد. به طور کلی هیچ نوع ویرایشی جز اصلاح رنگ و نور و همسان سازی پس زمینه انجام نشده است.

قبل از ویرایش عکس انباشت شده بر اساس عکس ثبت شده از کارت خاکستری یک پرو فایل رنگی ایجاد شده بعد همان پرو فایل بر روی تصویر نهایی پیاده شد. در نهایت بعد از ویرایش نهایی، تمامی فایل‌ها در پلاگین ACR به صورت پانوراما با هم یکی شدند و یک تصویر High res بدست آمد. تمامی این مراحل برای عکاسی قبل و بعد از پاک سازی 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 عکس برداری و مستند نگاری دقت در ثبت تصاویر با عمق میدان کامل و دقت در ثبت و ضبط درست رنگ‌ها است؛ اما ممکن است به هر دلیلی در یک پروژه باستان شناسی و یا حفاظت و مرمت امکانات لازم برای چنین مستند نگاری وجود



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 سانتی متری^{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 سانتی متر عمق میدان وضوح کامل به دست بیاید. برای به دست آوردن بالاترین تفکیک، دیافراگم بر روی عدد ۹ تنظیم شد (Jafarian, 1997, p.250). در این بخش جهت دوربین تغییر نداشت. دوربین کاملاً بر روی سه پایه ثابت بوده است و فقط عمل واضح سازی در لایه های پشت سر هم صورت گرفت.

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

نتیجه گیری

همان گونه 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 هیچ کدام از آن تصاویر با هدف پایش بلند مدت انجام نشده اند. حتی اگر از نگاهی وسیع تر به موضوع مستند نگاری آثار تاریخی بنگریم شاهد آنیم که نگاه پایش محور

در مستند نگاری آثار تاریخی بسیار محدود است. به راحتی می توان با یادداشت برداری و ثبت جزئیات صحنه عکاسی، یک مستند نگاری ساده را به یک مستند نگاری پایش محور و علمی تبدیل کرد.

از آنجایی که حفاظت و مرمت یک اثر تاریخی جزئی از هویت تاریخی آن اثر است هر تغییری که توسط حفاظت گران ایجاد می شود باید به درستی 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 بافت های پروتئینی باید بیشتر رعایت گردد. چرا که هر نوع تغییر رنگ، بافت و یا فرم اثر می تواند حامل یک خطر مهم و زود هنگام برای حفاظت گران آن اثر تاریخی باشد. کوچک ترین تغییراتی در رنگ، بافت و یا فرم در چنین آثاری می تواند نشانه رشد میکروارگانیسم ها و یا شروع فساد درونی اثر باشد؛ بنابراین با ثبت تصاویر علمی و پایش محور می توان آسان تر و سریع تر نتایج منطقی از روند تغییرات این آثار به دست آورد و اقدامات لازم را اتخاذ کرد.

نکته حائز اهمیت این است که این تغییرات در حالت عادی و بررسی های 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 بررسی های ایجاد خطای فاحش می کند. فقط مقایسه پهلو به پهلو

3. High resolution photography.

4. The Night Watch.

5. Rijksmuseum.

6. Venus of Farasassi.

۷. Structure From Motion در این روش علاوه بر اینکه برای هر موزاییک از روش انباشت تصویر استفاده می‌گردد با حرکت دوربین به دور تادور موضوع و پردازش این تصاویر در نرم افزار فتوگرامتری، در نهایت یک حجم سه بعدی صد درصد واضح بدست می‌آید (Clini, 2016).

8. Stalactite.

۹. Panorama عکاسی از موضوعی با زاویه دید وسیع که در نهایت تصاویر باید در چاپ یا بوسیله نرم افزار به یکدیگر متصل شده و تصویری یکپارچه را تشکیل دهد (Abbasi, 2006, p.36).

۱۰. RAW Format به قالبی گفته می‌شود که اطلاعات تصویر بدون تغییر از روی حسگر ذخیره می‌شوند (Longford et al, 2010, p. 122).

۱۱. Digital Negative یک نوع قالب خام است که در سال ۲۰۰۴ توسط شرکت ادوبی ابداع شد.

12. Focal Plane.

۱۳. کمترین فاصله واضح سازی لنز سونی ۹۰ میلیمتری جی او اس اس ۲۸ سانتی متر است.

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].

[عالی، ابوالفضل؛ اشتولنر، توماس؛ و فیروزمندی، بهمن. (۱۳۹۸). تحلیل نتایج کاوش‌های باستان شناسی معدن نمک چهرآباد. مطالعات باستان شناسی (دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تهران)، ۱۱(۲) (پیاپی ۲۰)، ۱۹۱-۲۱۰. [SID. <https://sid.ir/paper/409559/fa>].

تصاویر به دست آمده از مستندنگاری پایش محور باعث حذف این خطاها می‌گردد. با یادداشت برداری و ضبط دقیق اطلاعات عکاسی قبل و بعد از حفاظت و مرمت می‌توان پایش رنگ، بافت و فرم شیء را انجام داد. ارائه اطلاعات حین عکاسی به شکل گزارش کار و نگهداری این اطلاعات توسط نهادهای مربوطه، می‌تواند تا قرن‌ها پایش این آثار را امکان پذیر کند.

سپاسگزاری

از یار و همراه همیشگی ام فریبا معصومی پور برای تصویرسازی مقاله و همچنین از جناب آقای دکتر مجتبی دورودی و خانم مهرناز بردبار که در ویرایش و جمع‌آوری منابع این مقاله یاری رسان بودند، سپاسگزاری می‌شود.

حامیان مادی و معنوی

پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی - فرهنگی.

پی‌نوشت‌ها

۱. Focus Stacking: به روشی برای گسترش عمق میدان تصویر به وسیله ادغام تصاویر مختلف از یک نقطه خاص با عمق میدان‌های کم گفته می‌شود. این فن عمدتاً در عکاسی ماکرو و یا کلوزآپ انجام می‌شود. چرا که در این فواصل و با استفاده از لنزهای بلند عکاسی عمق میدان بسیار کاهش می‌یابد. در عکاسی ماکرو یا کلوزآپ حتی اگر دیافراگم کاملاً هم بسته باشد باز لنز قادر به واضح سازی کل عمق تصویر نیست. این فن فقط در مستندنگاری و حفاظت آثار تاریخی استفاده نمی‌شود بلکه در عکاسی جواهرات و اشیاء ریز نیز کاربرد دارد (Daffara, 2022).

۳. p. این روش می‌تواند برای به دست آوردن تصویر سه بعدی با روش Structure from Motion (SfM) تلفیق گردد به این ترتیب تصویری بسیار واضح و سه بعدی از شیء مورد نظر خواهیم داشت.

۲. Grey Card: کارت خاکستری رنگی که فقط هجده درصد از نور را بازتاب می‌دهد و برای تراز سفیدی و نورسنجی دوربین استفاده می‌گردد.

[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 بیللی، ایتیمیا. (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>.

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، پژوهش 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].