



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Photogrammetry, modern technology in cultural heritage documentation: A systematic review of related research in Iran

A.M. Moazezi Mehr-e-Tehran

Conservation of Architectural Heritage Department, Faculty of Architecture and Urbanism, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

ABSTRACT

Received: 19 December 2024
 Reviewed: 11 February 2025
 Revised: 04 March 2025
 Accepted: 02 June 2025

KEYWORDS:

Photogrammetry
 Systematic Review
 Documentation
 Modern Technology
 Cultural Heritage

* Corresponding author

✉ a.moazezi@arc.ikiu.ac.ir

☎ (+98912) 3936224

Background and Objectives: The first step in cultural heritage documentation is the preparation of accurate maps of the current state of the artifacts. Worldwide scientific advances have made it possible for heritage conservation to abandon traditional collection methods and use modern tools and methods. Utilizing them significantly reduces the documentation time and increases the accuracy and quality of this process. Among these methods that have received significant attention worldwide in recent years is photogrammetry. In Iran, photogrammetry has been considered in published articles for the past four decades in heritage documentation. However, the development process and attention in this area have not been studied. The brief and initial survey also does not show serious and extensive attention to this new technology in heritage and documentation. Accordingly, the present article seeks to draw an image of the status of related articles. Achieving this goal will make it possible to verify the assumption of the insignificance of research attention to the subject of heritage photogrammetry, and by systematically formulating the structural and content characteristics of these studies, it will be possible to identify research gaps in this field and guide future studies.

Methods: The present study is a secondary study, and its philosophical paradigm is interpretive. The research approach is qualitative, and the data collection method is text-based. Accordingly, 56 articles were selected from the 1990s (when the first relevant article was published in Iran) to the second half of 2024. Based on the systematic review method and qualitative meta-analysis, these articles were analyzed from the perspective of their structural and content characteristics.

Findings: The study shows that, in terms of content, Articles shifted from focusing on introducing the method and explaining the importance of digital documentation in the early years, today has on its agenda the development of a process of utilizing the photogrammetric method in heritage documentation to improve the accuracy and validity of information. On the other hand, although the method applied to account for a more significant share of the scale of architectural buildings and their related elements, attention to digital documentation of architectural complexes, ancient sites, and urban and rural settlements has also increased. From a structural perspective, a significant increase in articles is noticeable, especially in the last decade (84 percent of all articles). Similarly, civil engineering specialists have made the main contribution to the production of these studies (up to 56 percent of articles). Of course, in recent years, the participation of restoration, architectural, and archaeological experts in producing these articles has increased, which shows a desire and need for more serious attention to this topic among this group of experts.

Conclusion: However, scientific Articles in Iran on the subject of heritage documentation with new technologies such as photogrammetry are not impressive in terms of quantity or quality. The publication of the majority of these studies in national conferences (up to 68%) and the inconsequential contribution of restoration experts in writing these Articles also indicate that the subject is growing in cultural heritage and conservation and has no scientific reliability. While considering the unique benefits of this method, including no need for physical contact with historical structures in the harvesting process, the speed of data mining, and access to the expected results of documentation, which can be archived, updated, and post-processed, it is necessary to direct research trends to the important and less-attention subject of digital documentation of heritage with the help of methods such as photogrammetry, to provide the

possibility of optimal and principled protection of our country's cultural heritage and its transmission to future generations.



NUMBER OF REFERENCES

48



NUMBER OF FIGURES

3



NUMBER OF TABLES

4

مقاله پژوهشی

فتوگرامتری، فناوری نوین در مستندنگاری میراث فرهنگی؛ مروری نظام‌مند بر پژوهش‌های مرتبط در ایران

امیرمحمد معززی مهرطهران

گروه مرمت و احیاء بناهای تاریخی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: در مستندنگاری میراث فرهنگی، نخستین گام، تهیه نقشه‌های دقیق از وضعیت فعلی آثار است. پیشرفت‌های گسترده در علوم مختلف، این امکان را برای حوزه حفاظت از میراث فرهنگی فراهم کرده‌است تا با استفاده از ابزارها و روش‌های نوین سایر علوم مرتبط، روش‌های سنتی برداشت را کنار گذاشته و با بهره‌گیری از آنها علاوه بر کاهش معنادار زمان مستندنگاری، دقت و کیفیت این فرایند را نیز افزایش دهد. از جمله این روش‌ها که طی سال‌های اخیر در سطح جهانی توجه معناداری به آن شده، فتوگرامتری است. در ایران از چهاردهه پیش در مقالات انتشار یافته به روش فتوگرامتری در مستندنگاری میراث توجه شده‌است. اما روند توسعه و تعمیق در این موضوع در این بازه زمانی نامشخص است. بررسی اجمالی و اولیه صورت گرفته نیز توجه جدی و گسترده به این فناوری نوین در حوزه میراث و امر مستندنگاری را نشان نمی‌دهد. براین اساس مقاله حاضر در نتیجه مذاقه بر پژوهش‌های انجام شده تاکنون، به دنبال ترسیم نیم‌رخ از وضعیت مقالات مرتبط است. دستیابی به این هدف، این امکان را فراهم می‌کند تا ضمن راستی‌آزمایی فرضِ ناچیز بودن توجه پژوهشی به موضوع فتوگرامتری میراث، با صورت‌بندی منظمی از ویژگی‌های ساختاری و محتوایی این مطالعات، خلاءهای پژوهشی در این حوزه شناسایی و هدایت مطالعات آتی ممکن شود.

روش‌ها: پژوهش حاضر از نوع مطالعات ثانویه بوده و پارادایم فلسفی حاکم بر آن تفسیری است. رویکرد پژوهش نیز کیفی و روش گردآوری داده‌ها در آن از نوع متن‌پایه است. بر همین اساس ۵۶ مقاله، در بازه زمانی دهه ۷۰ شمسی (که اولین مقاله مرتبط انتشار یافته است) تا نیمه دوم سال ۱۴۰۳ انتخاب شد و با اتکا به روش مرور نظام‌مند و فراتحلیل کیفی، این مقالات از دو منظر ویژگی‌های ساختاری و محتوایی‌شان، مورد تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها: بررسی صورت‌گرفته، از نظر محتوایی نشان می‌دهد، پژوهش‌ها با گذر از تمرکز صرف بر معرفی روش و تبیین اهمیت مستندنگاری دیجیتال در سال‌های نخست، امروزه توسعه فرایندی بهره‌برداری از روش فتوگرامتری در مستندنگاری میراث را به‌منظور بهبود دقت و صحت اطلاعات در دستور کار دارند. از سویی دیگر گرچه کماکان استفاده از این روش در مقیاس بناهای معماری و عناصر وابسته به آن سهم بیشتری را به خود اختصاص می‌دهد اما، توجه به مستندنگاری رقومی مجموعه‌های معماری، محوطه‌های باستانی و سکونت‌گاه‌های شهری و روستایی نیز رو به فزونی گذاشته است. از منظر ساختاری، افزایش معنادار تعداد مقالات به‌خصوص در یک دهه اخیر (۸۴ درصد کل مقالات) قابل ملاحظه است. همچنان‌که سهم اصلی در تولید این پژوهش‌ها (بالغ بر ۵۶ درصد مقالات) نیز با متخصصان عمران بوده است. البته که در سال‌های اخیر مشارکت متخصصان مرمت، معماری و باستان‌شناسی در تولید این مقالات افزایش یافته است و از بروز تمایل و ضرورت توجه جدی‌تر به این مقوله در میان این گروه از متخصصان حکایت می‌کند.

نتیجه‌گیری: با این وجود تولیدات علمی در ایران در موضوع مستندنگاری میراث با فناوری‌های نوینی همچون فتوگرامتری چه از نظر کمی و چه کیفی چشم‌گیر نیست. انتشار اکثریت این پژوهش‌ها در همایش‌ها و کنفرانس‌های داخلی (بالغ بر ۶۸ درصد)، و سهم بسیار اندک متخصصان مرمت در پیشبرد این پژوهش‌ها نیز بر در حال رشد بودن

تاریخ دریافت: ۲۹ آذر ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۲۳ بهمن ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۱۴ اسفند ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۲ خرداد ۱۴۰۴

واژگان کلیدی:

فتوگرامتری
مرور نظام‌مند
مستندنگاری
فناوری نوین
میراث فرهنگی

* نویسنده مسئول

✉ a.moazezi@arc.ikiu.ac.ir

۰۹۱۲-۳۹۳۶۲۲۴ ③

موضوع و عدم وجود استحکام علمی آن در عرصه میراث فرهنگی و امر حفاظت دلالت می‌کند. درحالی‌که با توجه به فواید منحصربه‌فرد این روش از جمله عدم نیاز به تماس فیزیکی با ساختارهای تاریخی در فرایند برداشت، سرعت داده‌کاوی و دسترسی به نتایج مورد انتظار مستندنگاری، که قابلیت بایگانی، به‌روز رسانی و پردازش‌های پسینی دارند؛ ضروری است تا گرایش‌های پژوهشی به موضوع با اهمیت و کمتر توجه‌شده مستندنگاری دیجیتال میراث با کمک روش‌هایی چون فتوگرامتری، جهت‌دهی شوند تا امکان حفاظت بهینه و اصولی از میراث فرهنگی کشورمان و انتقال آن به نسل‌های آینده مهیا شود.

مقدمه

میراث فرهنگی هر کشوری از اساسی‌ترین ارکان تحکیم هویت و خودباوری ملی آن کشور است [۱]. این میراث گران‌بها در دوره حیات خود همواره با تهدیدها و مخاطرات طبیعی و انسانی مختلفی روبه‌روست؛ مخاطراتی که آسیب‌های اساسی به میراث وارد کرده و در برخی موارد به از بین رفتن کامل آنها منجر شده است.

عدم وجود مستندات دقیق از این آثار، امکان مرمت یا در شرایطی بازسازی آنها را از بین می‌برد، این درحالی است که وجود مستندات حتی پس از تخریب، فرصت‌های مناسبی را برای اتخاذ رویکرد مواجهه در اختیار قرار می‌دهد [۲، ۳]. از این‌رو نباید از اهمیت و ضرورت مستندسازی به‌عنوان مرحله‌ای بسیار مهم در حفاظت از میراث غافل شد [۴-۶]. نخستین گام در این مسیر، تهیه نقشه‌های دقیق از وضعیت فعلی آثار است [۷]. این کار به روش‌ها و ابزارهای پیشرفته نیاز دارد تا امکان انجام برداشت‌های دقیق و همچنین گردآوری اطلاعات مورد نیاز به‌منظور مدیریت و پایش فراهم آید [۱]. چرا که روش‌های سنتی و متداول مستندسازی به علت هزینه بالا، زمان‌بر بودن، دشواری و خسته‌کننده بودن روش‌ها، محدودیت ثبت تمامی داده‌های مربوط به اثر، ناتوانی در برابر فرم‌های پیچیده، منحنی و پر جزئیات، نیاز به برداشت مجدد در صورت تعریف مسئله جدید، نیاز به نصب تجهیزات اضافی جهت فراهم‌سازی اجرای مستندسازی از قبیل نسبت داربست، تخریب اثر به علت تماس مستقیم فیزیکی، استفاده از نیروی انسانی اضافی و موارد مشابه دیگر با محدودیت‌هایی مواجه است [۸، ۹].

در دهه‌های اخیر پیشرفت‌های بسیار در علوم مختلف، این امکان را در حوزه حفاظت از میراث فرهنگی فراهم کرده که با شناسایی ابزارها و فناوری‌های نوین در حوزه‌های دانشی مرتبط، از آن‌ها برای مستندسازی میراث استفاده کند [۱۰] و علاوه بر کاهش معنادار زمان مستندسازی، دقت و کیفیت این فرایند را نیز افزایش دهد. از جمله‌ای این حوزه‌های مرتبط دانشی، حوزه ژئوماتیک است. روش‌ها و ابزارهای این حوزه، ضمن دارا بودن ارتباطی دیرین و تنگاتنگ با امر حفاظت از میراث فرهنگی، در سطحی وسیع می‌توانند پاسخگوی نیازهای موجود در موضوع مستندسازی میراث باشد [۱]. یکی از روش‌های زیرمجموعه ژئوماتیک که به حوزه میراث فرهنگی وارد شده و مورد استقبال و کاربرد قرار گرفته است، فتوگرامتری یا علم اکتساب اندازه‌های قابل اعتماد با کمک عکس نام دارد [۱۱]. فتوگرامتری طبق تعریفی از «انجمن فتوگرامتری و سنجش از راه دور آمریکا - ASPRS»، هنر، علم و فناوری بدست‌آوردن اطلاعات صحیح در مورد اجسام فیزیکی و محیط از طریق فرایندهای

ضبط، اندازه‌گیری و تفسیر تصاویر و الگوهای انرژی الکترومغناطیسی تابشی و سایر پدیده‌های ثبت‌شده است. این روش که مشهورترین روش مبتنی بر تصویر است، به‌طور غیرمستقیم یا غیرتماسی انجام می‌شود [۱۲] و می‌تواند ابعاد بسیار دقیقی را از نظر موقعیت و هندسه عناصر واقعی از طریق دو یا چند تصویر ارائه دهد [۱۳]. فتوگرامتری در اوایل قرن نوزدهم توسعه می‌یابد [۱۴] و از سال ۱۸۸۵ میلادی کاربرد آن در مستندسازی آثار تاریخی گسترش می‌یابد [۱۵]. اما نخستین پایه‌های توجه جهانی به استفاده از این روش در حوزه حفاظت به سال ۱۹۶۴ میلادی و نشستی در ونیز ایتالیا برمی‌گردد. نشستی که در آن با تاکید بر اهمیت و لزوم حفظ شکل واقعی بناهای هنری و تاریخی، تصریح می‌شود «شکل واقعی بناها باید بر حسب نیازهای فنی، هنری یا تاریخی، بی‌کم و کاست ثبت شود و لازم است این کار شامل آسیب‌های وارد شده به بنا نیز باشد» [۱۶]. پس از آن در سال ۱۹۶۸ میلادی، «سیپا - CIPA» به‌عنوان یکی از کمیته‌های علمی ایکوموس با هدف انتقال اطلاعات از حوزه مهندسی نقشه‌برداری و فتوگرامتری و اصول سیستم‌های اندازه‌گیری به حوزه کاربردی اطلاعات مکانی از جمله معماری، مرمت، باستان‌شناسی و دیگر حوزه‌های مشابه، تاسیس می‌شود [۱]. از این سال به بعد است که پروژه‌ها و پژوهش‌های زیادی در ارتباط با میراث از مسیر تهیه نقشه‌های دقیق و با اتکا به یکی از شاخه‌های فتوگرامتری هوایی - برای تهیه نقشه از شهر، بافت و محوطه‌های تاریخی - و یا فتوگرامتری برد کوتاه - برای تهیه نقشه از بناها و اشیاء تاریخی - و یا فتوگرامتری پهپاد تسهیل و انجام می‌شود [۱۷].

ظهور و توسعه فتوگرامتری این فرصت را فراهم می‌کند که مجموعه داده‌های گرافیکی بزرگ با سرعت و دقت زیادی پردازش شده و نتایج سه‌بعدی از عوارض با طرح جزئیات و متغیرهای دقیق مطابق با موارد کاربرد آنها ارائه شود [۱۸]. با اتکا به وجود چنین روش‌ها و ابزارهای نوین در مستندنگاری است که می‌توان حداقل امیدوار بود، نمونه‌هایی رقمی از آثار فرهنگی و تاریخی پیش از تخریب فراهم شود [۱۹]. چنانچه پروفیسور عدل در اولین سند و مقاله در دسترس و منتشر شده در این زمینه می‌گوید، «... فتوگرامتری به مثابه وسیله‌ای معجزه‌آور ... اگر نه بطور ملموس لاقلاً به صورت شمارگانی (دیجیتالی) امکان تامین دوام یادمان‌ها را در تصاویر سه‌بعدی فراهم می‌آورد» [۲۰].

وی در این مقاله که در دهه ۷۰ شمسی به رشته تحریر درآمده است، به معرفی اجمالی مستندنگاری با کمک فتوگرامتری می‌پردازد و در نهایت اسناد فنی بدست‌آمده در ارتباط با بناهای تاریخی زوزن و بسطام

را به تصویر کشیده است [۱۴] که از نظر جغرافیای پژوهش با مطالعه حاضر تفاوت دارد و بر حوزه میراث فرهنگی در مفهوم عام آن متمرکز نیست؛ و دیگری بر استفاده از فناوری فتوگرامتری برد کوتاه در نظارت بر تغییر شکل سازه‌های بزرگ مقیاس در مطالعات پیشین مروری اجمالی داشته است. این مطالعه گرچه از نظر روش کار تا حدودی مشابه مقاله حاضر بوده و تمرکز خود را بر تحلیل مقالات منتشر شده قرار داده است اما روشی نظام‌مند برای انتخاب و تحلیل پژوهش‌های پیشین را به خدمت نگرفته است؛ همچنانکه استفاده از فتوگرامتری را نه در حوزه میراث و امر مستندنگاری بلکه در حوزه ساختارهای کالبدی و تغییر شکل آنها دنبال کرده است [۲۵].

تحلیل محتوایی مقالات منتخب براساس پارامترهای ارزیابی و مقوله‌های مورد نظر پژوهش (جدول ۱)، زمینه استخراج اطلاعات به صورت کمی و کیفی و تحلیل‌های ثانوی را برای یافتن پاسخ پرسش‌های پژوهش فراهم کرده است که در ادامه، پس از تشریح روش انجام کار، ارائه می‌شود.

روش تحقیق

پژوهش حاضر از نوع مطالعات ثانویه بوده و پارادایم فلسفی حاکم بر آن تفسیری است [۲۶]. رویکرد پژوهش کیفی و روش گردآوری داده‌ها از نوع متن‌پایه است که براساس شیوه‌های اسنادی انتخاب شده و با اتکا به روش مرور نظام‌مند (Systematic review) و کدگذاری باز و در ادامه فراتحلیل کیفی (Meta-analysis) دنبال شده است.

در این راستا ابتدا مروری نظام‌مند بر مقاله‌های منتشرشده فارسی انجام شد. مقالات اولیه، با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی شامل «مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (Sid)»، «مرجع دانش» ناشر تخصصی کنفرانس‌های ایران (Civilica)، «بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran)»، و با محوریت دو کلمه «فتوگرامتری» و «میراث [فرهنگی]» که با عملگر «AND» به هم مرتبط شده بودند؛ بدست آمد. برای توسعه و تکمیل مقالات مرتبط، بخشی از مقالات جدید نیز با رجوع به منابع پایانی مقالات اولیه، شناسایی و به چرخه مطالعه وارد شد. روی هم‌رفته ۹۴ مقاله شناسایی شد که پس مطالعه و بررسی، ۵۶ مقاله که بیشترین تناسب محتوایی را با هدف پژوهش داشتند، از میان آنها انتخاب و مورد مذاقه قرار گرفت. دامنه زمانی این جست‌وجو به مقالاتی محدود شده که تا پایان شهریور ۱۴۰۳ در مجلات و کنفرانس‌ها و همایش‌ها ارائه و منتشر شده است و از طریق الکترونیکی قابل دستیابی بودند. در فرایند تحلیل و بررسی، متن ۵۶ مقاله مذکور به‌عنوان داده کیفی انتخاب و تحلیل محتوای آنها براساس مقوله‌های مورد نظر پژوهش که در جدول ۱ معرفی شده است، دسته‌بندی و استخراج شد.

را ارائه می‌کند [۲۰]. پس از آن مقالات متعددی به موضوع فتوگرامتری پرداخته‌اند که اکثر آنها معرفی محض روش را محور کار خود قرار داده‌اند [۲۱، ۲۲] و با کاربست آن در یک نمونه مطالعاتی سعی در ترویج این فناوری نوین در امر مستندنگاری میراث داشته‌اند [۱۰، ۱۵، ۲۳].

هر چند در سال‌های اخیر در ایران، همگام با تحولات و توجهات جهانی، برخی از مهمترین آثار فرهنگی کشور به روش فتوگرامتری مستندسازی شده‌اند، و بررسی پژوهش‌های مرتبط انجام شده تا به امروز، از افزایش توجه علمی و عملی به این موضوع حکایت دارد [۱۲، ۲۴]، اما به نظر می‌رسد هنوز آنگونه که باید به استفاده از فتوگرامتری در مستندسازی میراث معماری و شهری توجه نشده است.

برای راستی‌آزمایی این ادعا، بررسی میزان توجه پژوهش‌های صورت گرفته در چهاردهه اخیر کشور - از دهه هفتاد شمسی تا نیمه دوم سال جاری (۱۴۰۳) - که به موضوع فتوگرامتری در فرایند مستندسازی میراث فرهنگی پرداخته است و تحلیل محتوای آنها، به‌عنوان هدف پژوهش حاضر در نظر گرفته شد. تا با مذاقه بر مطالعات منتشرشده داخلی و از خلال یافتن پاسخ پرسش‌های زیر وضعیت توجه به و بهره‌گیری از فناوری فتوگرامتری در مستندسازی میراث شناسایی شود. چارچوب ساختاری پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه فتوگرامتری میراث در کشور چیست؟ و محتوای پژوهش‌های معطوف به فتوگرامتری میراث در ایران چه ویژگی‌هایی دارند؟

با در نظر داشتن این ملاحظه که قطعاً مطالعات قابل‌توجهی در زمینه مورد بحث مقاله توسط صاحب‌نظران و متخصصین داخلی صورت گرفته که به زبان انگلیسی و در مجلات و کنفرانس‌های بین‌المللی منتشر شده است و همچنین محتمل است نتایج برخی از تحقیقات پیرامون این موضوع و کاربرد آن در واقعیت، در آرشیوهای سازمانی و شخصی باقیمانده و منتشر نشده باشد، برای یافتن پاسخ پرسش‌های فوق، مروری نظام‌مند از تمام مقالات منتشرشده به زبان فارسی و نمایه‌شده در مجلات و سامانه‌های علمی داخلی در این زمینه انجام گرفت. در خلال این بررسی گرچه مشخص شد که تا کنون هیچ مطالعه‌ای با رویکرد مقاله حاضر صورت نگرفته است، اما وجود مقالاتی بر محور مستندنگاری دیجیتال میراث با استفاده از فتوگرامتری به‌خصوص در یک دهه اخیر، که در نتیجه تقریب و تعامل بین‌رشته‌ای در حوزه‌های مهندسی نقشه‌برداری و حفاظت از میراث نگارش شده‌اند، نویدبخش و قابل‌توجه بود. در میان اسناد بدست‌آمده، دو مقاله نیز که هر دو به زبان انگلیسی تبع شده‌اند از نظر رویکرد پژوهش و روش انجام کار قرابت بسیاری با این مطالعه داشتند. یکی با مروری نظام‌مند مهمترین نهادها و کشورهایایی که به موضوع استفاده از فتوگرامتری در باستان‌شناسی ورود داشته‌اند را شناسایی و معرفی کرده است؛ علاوه بر آن تحولات روشی و پیشرفت‌های فناورانه در مستندنگاری عرصه‌های باستانی با فتوگرامتری

جدول ۱: مقوله‌های مورد بررسی در مقاله‌های منتخب
Table 1: Features examined in selected articles

کد Sub category	مقوله Category	ویژگی characteristic
از دهه ۷۰ شمسی تا شهریورماه ۱۴۰۳ در بازه‌های زمانی ده ساله From the 1990s to mid-2024 in ten-year periods	پراکندگی زمانی انجام پژوهش‌ها Time dispersion of studies	
مجله‌های علمی و همایش یا کنفرانس Scientific journals or conferences	قالب پژوهش Research format	
نام و نام خانوادگی نویسندگان Authors' names and surnames	پژوهشگران حوزه موضوعی Researcher	
معماری (مطالعات معماری، معماری و معماری داخلی)، مرمت (میراث معماری و شهری)، باستان‌شناسی، عمران (نقشه‌برداری (گرایش‌های مختلف)، سازه و مدیریت پروژه)، Architecture (architecture study, architecture, interior architecture), Restoration (urban and architectural heritage), Archeology, Civil (surveying, structure, project management)	تخصص پژوهشگران Researchers' expertise	ویژگی‌های ساختاری پژوهش‌ها Research structural characteristics
تهران، آذربایجان، فارس، قم، سیستان و بلوچستان، کرمانشاه، سایر استان‌ها، بدون نمونه موردی (یا دارای نمونه خارجی یا شیء فاقد موقعیت) Tehran, Azarbyjan, Fars, Ghom, Sistan and Balochistan, Kermanshah, Other Province, Without case study (Either foreign case study or unknown context of artifact)	پراکندگی جغرافیایی (استان) Geographical dispersion of case study	
شیء، عناصر وابسته به معماری، بنا و مجموعه معماری، محوطه تاریخی، بافت (روستایی یا شهری)، بدون نمونه مطالعاتی Artifact, Architecture elements, Monument and Complex, Historic site, Fabric (rural or urban), Without Case study	مقیاس نمونه Case study scale	
دانشگاهی، پژوهشگاه و انجمن علمی، اجرایی (سازمان‌ها و شهرداری‌ها) University, research institute and scientific association, organizations and municipalities	انتشارات پژوهش Publisher	
معرفی و کاربری روش فتوگرامتری در مستندنگاری میراث (توجه به کاربری روش در عرصه میراث) - توسعه و بهبود فرایند مستندنگاری با روش فتوگرامتری (توجه به روش) Introduction and application of the photogrammetric method in heritage documentation (focus on the application of the method in heritage discourse) - Development and improvement of the documentation process with the photogrammetric method (focus on method)	هدف و موضوع محوری پژوهش The main goal and the subject of research	
فتوگرامتری زمینی (برد کوتاه)، پهپاد، تلفیقی (پهپاد و زمینی)، عام Close range photogrammetry, Drone, combined (drone and ground), general	نوع فتوگرامتری استفاده‌شده Photogrammetry type	ویژگی‌های محتوایی پژوهش‌ها Research content characteristics
Agisoft Metashape, Photomodeler, Pix4d, Context Capture, Reality Capture, ...	نرم‌افزار مورد استفاده پژوهش Software applied in research	
تشریح کاملی از فرایند مستندنگاری با فتوگرامتری - شرح ناکافی و کلی از کاربری فتوگرامتری (وجود ابهامات در کاربری روش) A complete description of the process of documenting with photogrammetry - Insufficient description of the application of photogrammetry (ambiguities in the application of the method)	کیفیت پژوهش Quality of research	

یافته‌های پژوهش

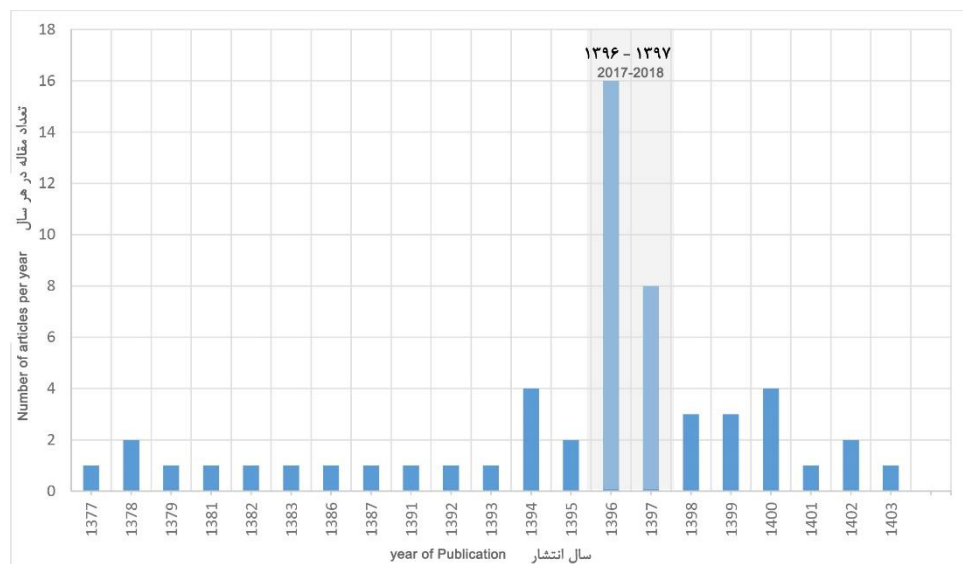
گذاشته است به‌طوری‌که حدود ۸۴ درصد پژوهش‌ها در بازه یک دهه اخیر (از سال ۹۰ تا به امروز) انجام شده است. عدل و کریمی (۱۳۷۷) که اولین مقاله منتشرشده در این حوزه را به رشته تحریر درآورده‌اند، به مستندنگاری مجموعه‌های میراثی موجود در بسطام و زوزن به کمک فتوگرامتری پرداختند و ضرورت استفاده از این روش را علاوه بر پیچیدگی فضایی موضوع‌های مطالعاتی، تهدید روز افزون میراث برمی‌شمارند. آنها در جایی از مقاله تاکید دارند که فتوگرامتری اجازه می‌دهد هر اثر در لحظه ثبت و به همان شکل موجود مستند شود و تغییرات بعدی آن با رجوع به مستندات حاصل از فتوگرامتری قابل تشخیص باشد [۲۰]. پس از آن و طی سال‌های بعد، گرچه موضوع فتوگرامتری میراث مورد توجه و تبع قرار گرفته است، اما برگزاری دو همایش ملی مستندنگاری میراث فرهنگی و طبیعی در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ را باید نقطه عطفی در انجام و انتشار عمومی پژوهش‌های مرتبط به این حوزه دانست. همین بستر باعث شده است که فراوانی پژوهش‌ها در دهه ۹۰ نسبت به سایر ادوار زمانی بیشترین باشد (شکل ۱).

در پژوهش حاضر یافته‌ها در دو بخش ویژگی‌های ساختاری و محتوایی دسته‌بندی شده‌اند. در بخش اول، بررسی مشخصه‌های عام مقاله‌های انتخاب‌شده صورت می‌گیرد تا نیمرخه از وضعیت پژوهش در حوزه مستندنگاری میراث فرهنگی با استفاده از فتوگرامتری حاصل شود. در بخش محتوایی نیز تلاش شده تا هدف و موضوع اصلی مورد توجه پژوهش‌ها و کیفیت انجام مطالعات و برخی از نکات مهم آنها تحلیل شود، تا از این طریق، امکان جهت‌گیری درست برای پژوهش‌های آتی فراهم آید.

فراتحلیل ساختاری پژوهش‌ها

در این قسمت ویژگی‌های عمومی پژوهش‌های منتخب براساس مقوله‌های مختلف مطابق جدول ۱ بررسی شده و نتایج (جدول ۲) به شرح زیر است.

- پراکندگی زمانی انجام پژوهش‌ها: از دهه ۷۰ شمسی، پژوهش‌ها پیرامون موضوع فتوگرامتری میراث آغاز شده و رفته‌رفته رو به فزونی



شکل ۱: سیر تحول زمانی پژوهش‌ها - دهه ۹۰ شمسی و به خصوص سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اوج توجه پژوهشی به موضوع است.

Fig. 1: Chronology of research based on the number- The second decade of the 21st century, and especially the years 2017 and 2018, were the peak of research on the

از نیمی از پژوهشگران مشارکت‌کننده در تنظیم و تهیه پژوهش‌های منتخب، متخصصین عمرانی با گرایش‌های نقشه‌برداری، فتوگرامتری و سنجش از راه دور هستند (شکل ۲). با این وجود پژوهشگرانی با تخصص‌های معماری، مرمت و باستان‌شناسی نیز سهمی قابل توجه در این پژوهش‌ها داشته‌اند (در مجموع حدود ۴۰ درصد)؛ که نشان از تمایل و دغدغه‌مندی متخصصان این حوزه‌های دانشی به موضوع فتوگرامتری و مستندنگاری دیجیتال دارد.

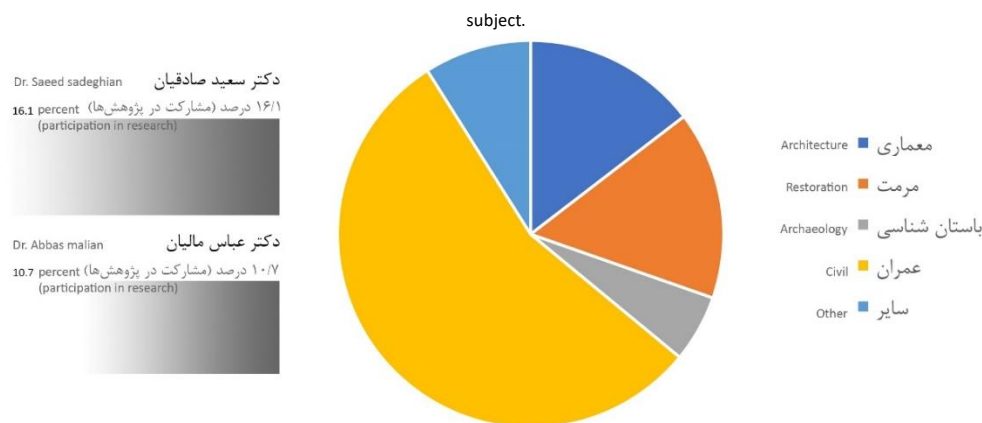
- پراکندگی جغرافیایی (استان) پژوهش‌ها: نتایج نشان می‌دهد که بیشترین نمونه‌های مطالعاتی پژوهش‌های منتخب در استان تهران واقع شده است (۸ مورد). و پس از تهران، استان‌های فارس با ۵ مورد، آذربایجان با ۴ مورد، قم با ۳ مورد و استان‌های سیستان و بلوچستان و کرمانشاه هریک با ۲ مورد قرار دارند. در سایر استان‌ها، یا نمونه‌ای مطالعاتی مورد بررسی و پژوهش نبوده است (شکل ۳، استان‌های به رنگ خاکستری) و یا تنها یک اثر از آن استان‌ها به‌عنوان نمونه مطالعاتی پژوهش، مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۳، استان‌های به رنگ زرد).

- مقیاس نمونه مطالعاتی: نمونه‌های مطالعاتی پژوهش‌های بررسی شده در مقیاس‌های مختلف از شیء تا بافت شهری و روستایی را دربر می‌گیرد. بیشترین آنها در مقیاس بنا و مجموعه با ۳۵/۷ درصد نمونه‌ها قرار دارند و عناصر وابسته به معماری و اشیاء به ترتیب با ۲۵ و ۱۰/۷ درصد پس از آنها جای می‌گیرند. کمترین توجه پژوهش‌ها به مقیاس محوطه تاریخی و بافت‌های باارزش شهری و روستایی با مجموعاً ۵/۴ درصد از کل نمونه‌ها مربوط می‌شود. بدیع بودن موضوع، نیاز به تجهیزات پروازی (مانند پهپاد) در مستندنگاری در این مقیاس، نیاز به هماهنگی با نهادهای مسئول برای پرواز، زمان و هزینه را از جمله دلایل این سهم اندک می‌توان برشمرد.

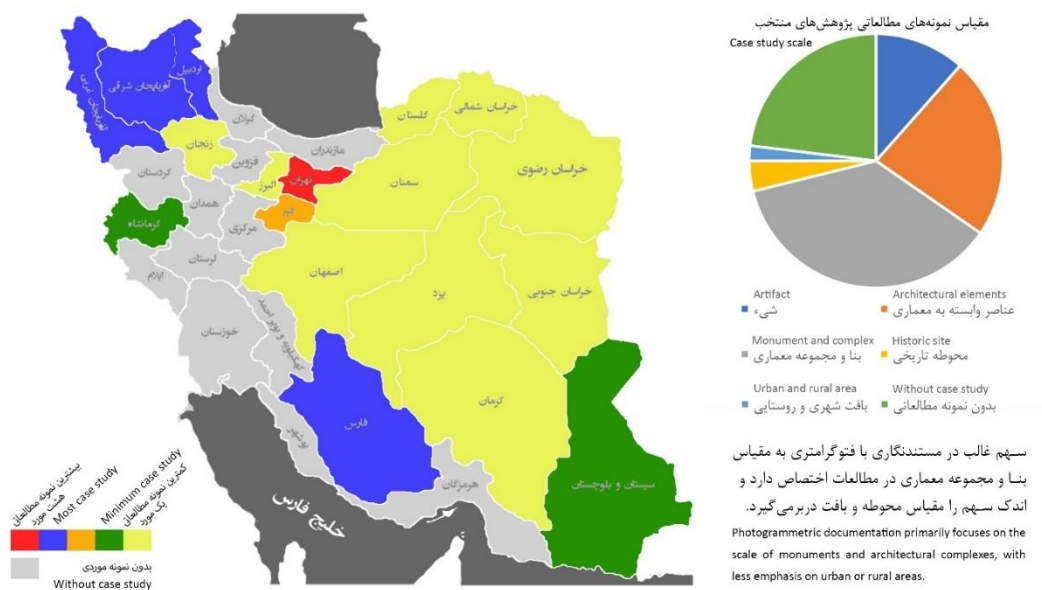
- قالب پژوهش‌ها: از میان پژوهش‌های انجام شده بالغ بر ۶۸ درصد آنها در قالب مقالات همایشی یا کنفرانسی و حدود ۳۲ درصد آنها را مقالات علمی منتشرشده در مجلات تشکیل می‌دهد. درصد بالای مقالات انتشار یافته در همایش‌ها و کنفرانس‌ها، از درحال رشد بودن توجه به موضوع فتوگرامتری میراث حکایت می‌کند و پایین بودن درصد مقالات منتشرشده در مجلات نشان از عدم وجود استحکام علمی لازم در این زمینه علمی است. مجلاتی چون پژوهش باستان‌شناسی دانشگاه هنر اسلامی تبریز، نشریه نقشه‌برداری سازمان نقشه‌برداری کشور، مجله اثر پژوهشگاه میراث فرهنگی، هنرهای زیبای دانشگاه تهران، صفه شهید بهشتی، مطالعات معماری ایران دانشگاه کاشان، پژوهش‌های باستان‌شناسی ایران دانشگاه بوعلی سینا همدان و مسکن و محیط روستا پژوهشگاه سوانح طبیعی را باید در زمره ناشران میزبان موضوع فتوگرامتری میراث دانست.

- وضعیت ناشران پژوهش‌ها: سهم توجه و حمایت ناشران دانشگاهی و پژوهشگاهی به این موضوع حدود ۸۰ درصد است. ۲۰ درصد از پژوهش‌ها نیز با حمایت دستگاه‌های اجرایی مانند شهرداری‌ها و سازمان نقشه‌برداری کشور صورت گرفته است. گرچه سهم بیشتر به نهادهای تولید علم و دانش اختصاص دارد اما همین که یک پنجم از پژوهش‌ها با حمایت نهادهای اجرایی تولید و انتشار یافته است، از نیاز واقعی به فتوگرامتری میراث و مستندنگاری با روش‌های نوین در کشور حکایت دارد.

- پژوهشگران حوزه موضوعی و تخصص آنها: در میان ۵۶ پژوهش بررسی‌شده، سعید صادقیان و عباس مالیان را به ترتیب با مشارکت در ۱۶/۱ و ۱۰/۷ درصد از پژوهش‌ها، باید به‌عنوان پژوهشگران اصلی موضوع فتوگرامتری میراث در سال‌های اخیر ایران شناخت. پژوهشگرانی که هر دو از تخصص نقشه‌برداری و فتوگرامتری برخوردارند. اساساً بیش



شکل ۲: پژوهشگران اصلی حوزه موضوعی و توزیع تخصص نگارندگان مقاله‌ها
Fig. 2: Main researchers in the subject area and distribution of authors expertise



شکل ۳: پراکندگی جغرافیایی نمونه‌های موردی و فراوانی گونه‌بندی آنها در پژوهش‌های منتخب

Fig. 3: Geographical distribution of case studies and their typology frequency

بیشترین نمونه‌های مستندشده با فتوگرامتری در استان تهران (رنگ قرمز) قرار دارد. استان‌هایی مانند گیلان، قزوین، همدان، خوزستان و ... با وجود حضور تعداد قابل توجه از آثار باارزش فرهنگی و طبیعی پژوهشی در این حوزه صورت نگرفته است.

The most documented with photogrammetry is in Tehran province (red). Provinces such as Gilan, Qazvin, Hamedan, and Khuzestan, despite the presence of a significant number of valuable cultural and natural monuments, have not seen any research conducted in this area.

جدول ۲: فراتحلیل ساختاری پژوهش‌ها؛ فراوانی و درصد مقوله‌های تحلیل ساختاری پژوهش‌ها

Table 2: Structural meta-analysis of research; frequency and percentage of features research

درصد Percentage	فراوانی Frequency	کدها Subcategory	مقوله‌ها Category	درصد Percentage	فراوانی Frequency	کدها Subcategory	مقوله‌ها Category
15.9	16	Architecture / معماری	تخصص پژوهشگران Researchers' expertise	7.1	4	1990-2000 / ۱۳۷۰-۱۳۸۰	پراکندگی زمانی
17.8	18	Restoration / مرمت		8.9	5	2000-2010 / ۱۳۸۰-۱۳۹۰	انجام پژوهش‌ها
5.9	6	Archaeology/ باستان‌شناسی		67.9	38	2010-2020 / ۱۳۹۰-۱۴۰۰	Time dispersion of conducting researches
55.5	56	Civil / عمران		16.1	9	2020-2023 / ۱۴۰۰-۱۴۰۳	قالب پژوهش Research format
4.9	5	other / سایر		32.1	18	Scientific journals/ مجلات علمی	
14.3	8	Tehran	پراکندگی جغرافیایی	67.9	38	همایش یا کنفرانس Conference, Symposium	انتشارات پژوهش Publisher
10.7	6	Fars	(استان)	66.1	37	دانشگاهی Academic	

مقوله‌ها Category	کدها Subcategory	فراوانی Frequency	درصد Percentage	مقوله‌ها Category	کدها Subcategory	فراوانی Frequency	درصد Percentage
پژوهشگاه و انجمن علمی Research Inst & Scientific Assn		8	14.3	جغرافیایی Geographical dispersion of the case study	آذربایجان Azerbaijan	5	8.9
دستگاه‌های اجرایی Executive bodies		11	19.6	قم	Qom	3	5.3
سعید صادقیان s. sadeghian		9	16.1	سیستان و بلوچستان Sistan and Baluchestan		2	3.6
عباس مالیان A. Malian		6	10.7	کرمانشاه Kermanshah		2	3.6
حمید عبادی، فرید اسماعیلی H. Ebadi, F. Esmaeli		5	8.9	سایر (اصفهان، سمنان، زنجان، گلستان، کرمان، خراسان، البرز، یزد) Others (Isfahan, Semnan, Zanjan, Golestan, Kerman, Khorasan, Alborz, Yazd)		۱ مورد در هر استان One case per province	14.3
فرهاد صمدزادگان، علی حسینی - نوه‌احمدآبادیان / F. Samadzadegan, A. Hoseyni		4	7.1	بدون نمونه‌موردی، شیء، نمونه خارجی، فاقد موقعیت مکانی / No instance, object, external instance, no location			39.3
الهام اندرودی، زهرا همتی پژوهشگران حوزه موضوعی Researcher		3	5.4	شیء / object			10.7
محمد سرپولکی، داوود صدیق‌پور، مهرداد جوادی، مسعود ورشوساز، یوسف سجادی، محمدرضا ملکلو، علی اسدی M. Sarpoulaki, D. Sedighpoor, M. Javadi, M. Varshosaz, Y. Sajadi, M. Maleklou, A. Asadi		2	3.6	عناصر وابسته به معماری Architectural elements			25
				بنا و مجموعه معماری Building and complex			35.7
				محوطه تاریخی Historical site			3.6
				مقیاس نمونه مطالعاتی Case study scale			
				بافت شهری یا روستایی Urban or rural Area			1.8
سایرین Others		1	48.2	بدون نمونه مطالعاتی No study samples			23.2

فرا تحلیل محتوایی پژوهش‌ها

ویژگی‌های محتوایی پژوهش‌های منتخب، در قالب مقوله‌های جدول ۱ مورد بررسی قرار گرفته و نتایج (جدول ۳) به شرح زیر ارائه می‌شود.

هدف و موضوع محوری پژوهش‌ها: برخی از پژوهش‌ها با پذیرش اهمیت علم ژئوماتیک در حوزه میراث فرهنگی، کاربرد روش‌های مختلف این علم از جمله روش فتوگرامتری را در امر حفاظت از میراث مورد تاکید قرار داده‌اند [۲، ۲۱، ۲۲، ۲۷]. این دسته از پژوهش‌ها با ناکارآمد دانستن روش‌های سنتی مستندنگاری، فتوگرامتری را امکانی در مستندنگاری دقیق و تحلیل‌های قیاسی بر می‌شمارند [۱۵، ۲۰، ۲۸] و به معرفی ارکان و مراحل مستندنگاری دیجیتال میراث [۱۹]، در مقیاس‌های مختلف - از شیء [۲۹، ۳۰] تا بافت [۱۰، ۲۳] - و با اتکا به گونه‌های مختلف فتوگرامتری می‌پردازند. این گروه از مطالعات، فتوگرامتری را فرایندی مفید و استاندارد برای دستیابی به داده‌های سه‌بعدی دقیق و تجسم مجازی آثار تاریخی برشمرده و این روش را یکی از توصیه‌شده‌ترین روش‌های غیرمزامح و غیرمخرب معرفی می‌کنند [۳۱]؛ که امکان تولید اسنادی برای معرفی اثر و توسعه گردشگری [۳۲] همچنین تعیین عرصه اثر و حرایم حفاظتی آن [۳۳]

را مهیا می‌کند. برخی از مطالعات نیز مستندنگاری آثار با کمک فتوگرامتری را با هدف آسیب‌شناسی و آسیب‌نگاری آثار تاریخی مورد توجه قرار داده‌اند و با بی‌خطر دانستن این روش، بر پتانسیل آن در شناسایی میزان تغییرات در ساختار اصیل و اولیه آثار تاکید دارند [۴، ۲۴]. در مطالعه‌ای متاخر نیز کاربرد عملی «موبایل فتوگرامتری» به عنوان روشی در دسترس برای همگان معرفی می‌شود [۳۴]، که می‌تواند جایگزینی برای دوربین‌های حرفه‌ای و گران‌قیمت در فتوگرامتری مرسوم به شمار آید.

پژوهش‌هایی نیز با تمرکز بر فتوگرامتری به عنوان روش و ابزار مستندنگاری به توسعه فرایندی استفاده از آن و چگونگی کاربست بهینه آن در امر مستندنگاری پرداخته‌اند؛ در این مسیر بخشی از مطالعات با فراهم کردن بستر آزمایشگاهی، به یافتن راه‌حل‌هایی برای بهبود فرایند مستندنگاری از طریق توسعه و تدقیق مراحل کار فتوگرامتری همت گمارده‌اند [۳۵-۳۸]. بهینه‌سازی طراحی شبکه و تلفیق روش‌های مختلف برداشت دو راه‌حل اصلی در بهبود فرایند مستندنگاری دیجیتال معرفی شده است.

موضوعی پژوهش‌های منتخب همانطور که انتظار می‌رفت، مهمترین و پرستفاده‌ترین نوع فتوگرامتری در این مقالات، فتوگرامتری برد کوتاه است.

فتوگرامتری برد کوتاه به‌طور عمومی زمانی استفاده می‌شود که فاصله دوربین تا شیء کمتر از ۳۰۰ متر باشد [۱۵]. مطابق جدول ۳، بالغ بر ۶۴/۳ درصد پژوهش‌های بررسی‌شده از فتوگرامتری برد کوتاه یا زمینی در مستندسازی نمونه‌های مطالعاتی استفاده کرده‌اند. ۱۹/۶ درصد پژوهش‌ها نیز با استفاده از فتوگرامتری پهپاد یا به‌صورت تلفیقی با بهره‌گیری توانان از فتوگرامتری پهپاد و زمینی مستندسازی میراث را انجام داده‌اند.

فتوگرامتری پهپاد مبنای تلفیقی از فتوگرامتری هوایی و برد کوتاه است که در آن یک سنجنده‌ی اخذ داده که می‌تواند دوربین متریک یا غیرمتریک، و یا هر وسیله اخذ داده دیگر باشد، بر روی یک سکوی بدون سرنشین (UAV) نصب شده و از ارتفاع کم، داده‌ها اخذ می‌شوند [۴۵]. فتوگرامتری پهپاد مبنای قابلیت استفاده در محدوده ابعادی بین چندین متر تا چندین کیلومتر را داراست [۴۱]. همین قابلیت باعث شده امروزه از فتوگرامتری پهپاد برای مستندنگاری میراث در مقیاس‌های گوناگون، از مقیاس بنا و مجموعه معماری مانند کاروانسراها [۴۳] یا قلعه‌ها [۳۸، ۱۹] تا محوطه‌های باستانی [۴۵] و بافت‌های تاریخی شهری و روستایی [۳۹] به تنهایی یا در تلفیق با فتوگرامتری زمینی، بیشتر استفاده شود. سهولت اخذ تصویر در ارتفاع‌های مختلف به صورت قائم و مایل و کاهش زمان تصویربرداری به‌خصوص در عرصه‌های میراثی بزرگ و مرتفع، از دلایل اهمیت استفاده از فتوگرامتری پهپاد در مستندنگاری میراث به‌شمار می‌رود.

طراحی شبکه و بهینه‌سازی آن در فرایند فتوگرامتری به‌منظور کاهش زمان و هزینه در عین افزایش سرعت و کیفیت از جمله پرتکرارترین موضوعی است که مورد توجه پژوهش‌های مختلف قرار گرفته است. در این میان بهینه‌سازی طراحی شبکه تصویربرداری در فتوگرامتری پهپاد در نسبت با فتوگرامتری زمینی بیشتر مدنظر بوده است [۳۹-۴۱]. در حالی که برخی پژوهش‌ها نیز بر طراحی شبکه در فتوگرامتری زمینی و در مستندسازی آثاری با خمیدگی و شکستگی و پیچیدگی‌های فرمال (مانند مدلسازی مقرنس) [۴۲، ۱۱] یا سطوح منعکس‌کننده نور [۹] تمرکز داشته‌اند.

تلفیق فتوگرامتری با روش‌هایی چون لیزر اسکن در مرحله برداشت و اخذ داده، به‌ویژه در ارتباط با آثاری که دارای فرم‌های پیچیده بوده یا در ارتفاع واقع شده یا در نتیجه رخداد سوانح و حوادث آسیب دیده‌اند و یا در اثر وجود موانع مصنوع یا طبیعی دسترسی به آنها محدود است، از دیگر راه‌حل‌های پیشنهادی پژوهش‌های بررسی‌شده [۴۳، ۸] در توسعه فرایندی و بهبود محصول کار مستندنگاری دیجیتال است. البته که تلفیق روش‌ها و فناوری‌های دیگر با فتوگرامتری به لیزر اسکن و مرحله برداشت محدود نمی‌شود و ادغام و یکپارچه‌سازی فتوگرامتری با نرم‌افزارهای ترسیم (نظیر اتوکد) در راستای غنابخشی محصول نهایی نیز مورد توجه بوده است [۴۴]. اسدپور (۱۴۰۲) نیز در مطالعه‌ای تدوین و کاربست عملی روشی را ارائه کرده است که براساس آن می‌توان با استفاده از فتوگرامتری تک عکس، و از مسیر تصحیح عکس‌های تاریخی یا لحاظ قیود شکلی بناهای ایرانی به بازخوانی متریک این آثار پرداخت [۱۲].

- نوع فتوگرامتری/استفاده شده در پژوهش‌ها: با توجه به تمرکز

جدول ۳: فراتحلیل محتوایی پژوهش‌ها؛ فراوانی و درصد مقوله‌های تحلیل محتوایی پژوهش‌ها
Table 3: Content Meta-analysis of researches; frequency and percentage of features research

درصد Percentage	فراوانی Frequency	کدها SubCategory	مقوله‌ها Category	درصد Percentage	فراوانی Frequency	کدها SubCategory	مقوله‌ها Category
39.3	22	Agisoft Metashape				معرفی و کاربست روش فتوگرامتری در مستندنگاری	
7.1	4	Photomodeler UAS	نرم‌افزار مورد استفاده	66.1	37	میراث / Introduction and application of photogrammetry in heritage documentation	هدف و موضوع محوری پژوهش The main goal and the subject of research
1.8	1	Pix4D Mapper				توسعه و بهبود فرایند مستندنگاری با روش فتوگرامتری / Developing and improving the documentation process using photogrammetry	
1.8	1	Bentley Context Capture	پژوهش‌ها Software applied in research	33.9	19		
1.8	1	Reality Capture					
48.2	27	سایر یا معرفی نشده Other					
		شرح کامل فرایند مستندنگاری- فتوگرامتری		64.3	36	زمینی (برد کوتاه) / Close Range	نوع فتوگرامتری استفاده‌شده یا معرفی‌شده در پژوهش
21.4	12	A complete description of the photogrammetric documentation process	کیفیت پژوهش Quality of research	10.7	6	پهپاد / Drone	
		شرح ناکافی و کلی از کاربست فتوگرامتری		8.9	5	تلفیقی (پهپاد و زمینی) Combined	
78.6	44	Insufficient and general description of the application of photogrammetry		16.1	9	فتوگرامتری به‌صورت عام Photogrammetry in general	Photogrammetry type

اما بخش بزرگی از پژوهش‌های انجام شده که سهم ۷۸/۶ درصدی از مجموع مقالات منتخب را نیز شامل می‌شود، تمرکز خود را بر معرفی روش فتوگرامتری به شیوه توصیفی و شرح سطحی فرایند کار در موضع تحقیق قرار داده است. در این پژوهش‌ها یا بر بهینه‌سازی طراحی شبکه تمرکز شده، آنهم بیشتر در مطالعاتی که از فتوگرامتری پهنپاد بهره برده‌اند، و یا با اشاره‌ای گذرا به فرایند و نرم‌افزار، بر نتایج و خروجی‌های تصویری حاصل از فرایند تاکید شده است.

بحث و تفسیر یافته‌ها

فرا تحلیل پژوهش‌های منتخب که در چهاردهه اخیر منتشر شده است، تحولات مشهودی را چه از نظر کمیت و چه از منظر کیفیت نشان می‌دهد که با نگاهی کرنولوژیک قابل توجه است.

در دهه ۷۰ شمسی که اولین تلاش‌ها در معرفی و استفاده از فتوگرامتری در امر مستندنگاری میراث صورت گرفته است، با توجه به فن‌آوری زمانه مبنای تولید نقشه، فتوگرامتری آنالوگ و تحلیلی است. در این دهه مستندنگاری که غایت آن به تولید نقشه‌های دوبعدی محدود می‌شده است، با بهره‌گیری از نرم‌افزار مایکرواستیشن (Microstation)- نرم‌افزاری که نسخه‌های متاخر آن کماکان در سازمان نقشه‌برداری کشور به‌عنوان اصلی‌ترین نهاد تولید نقشه در کشور، مورد استفاده است - در کنار نرم افزار اتوکد (Autocad) انجام شده است.

با اینکه نخستین پژوهش در این دهه توسط یک باستان‌شناس و متخصص میراث صورت می‌گیرد و بر ضرورت استفاده از آن در حوزه میراث فرهنگی کشور تاکید می‌کند، اما نهاد متولی میراث فرهنگی کشور از اهمیت توجه به این روش و توصیه در امر مستندنگاری غفلت کرده و نه تنها در دستورالعمل‌ها و شرح خدمات‌های اجرایی کارهای مرمتی بر آن تاکید نمی‌شود بلکه نسبت به تربیت کارشناسانی در این حوزه و یا بهره‌مندی از متخصصان حوزه نقشه‌برداری و درس‌خوانده‌های فتوگرامتری کشور نیز بی‌توجهی می‌شود.

در دهه ۸۰ شمسی، روش‌های آنالوگ و تحلیلی در نتیجه توسعه دانش فتوگرامتری جای خود را به روش فتوگرامتری رقومی در پژوهش‌های این دهه می‌دهند. در این دوران موضوع تولید مدل‌های سه‌بعدی نیز در کنار نقشه‌های دوبعدی به‌عنوان محصول فرایند مستندنگاری مورد توجه قرار می‌گیرد. در این دو دهه، پژوهش‌های انجام شده، در مقیاس اشیاء، عناصر وابسته به معماری و بنا، کاربردهای اجرایی می‌یابند و جز در دو پژوهش که یکی توسط متخصصین باستان‌شناسی [۲۰] و دیگری با مشارکت یک متخصص معماری [۴۷] انجام شده؛ مابقی مطالعات توسط متخصصین نقشه‌برداری صورت گرفته است.

دهه ۹۰ را به موجب افزایش تعداد پژوهش‌ها مرتبط و ارتقاء کیفیت محتوایی آنها، باید نقطه عطفی در گسترش توجه به موضوع مستندسازی دیجیتال میراث با کمک روش فتوگرامتری دانست. از این دهه تا به امروز توجه به موضوع فتوگرامتری میراث توسعه و تعمیق قابل توجهی داشته و مطالعات متعددی نیز بر بهبود فرایندی روش

- نرم‌افزار مورد استفاده پژوهش‌ها؛ در سال‌های اخیر نرم‌افزارهای فتوگرامتری بسیاری توسعه یافته‌اند. نرم‌افزارهایی که طی روندی تکاملی از نرم‌افزارهای تارگت‌مینا و نیمه‌اتوماتیک به نرم‌افزارهای اتوماتیک بدون تارگت رسیده‌اند [۹]. امروزه نرم‌افزارهای پرکاربرد در فتوگرامتری را می‌توان مواردی چون ای‌جی‌آی سافت متاشیپ (Agisoft metashape)، فتومودلر (Photomodeler)، پیکس‌فوردی (Pix4D Mapper)، بنتلی کانتکست کپچر (Bentley Context Capture)، ریالیتی کپچر (Reality Capture) و ... بر شمرده که با استناد به بررسی پژوهش‌های منتخب از میان موارد مذکور، نرم‌افزار ای‌جی‌آی سافت متاشیپ نسبت به سایر نرم‌افزارها، بیشترین کاربرد و استفاده را داشته است (حدود ۳۹ درصد پژوهش‌ها از این نرم‌افزار برای مدل‌سازی و تولید نقشه استفاده کرده‌اند). در این نرم‌افزار که بر پایه تکنیک بازسازی سه‌بعدی چندمنظری عمل می‌کند، به شکل هوشمندانه‌ای از فناوری فتوگرامتری رقومی با پشتیبانی بینایی ماشین (Computer vision) استفاده می‌شود و واسط کاربر مناسبی را برای استفاده کاربران معمول فراهم می‌کند [۱۵]. نرم‌افزار ای‌جی‌آی سافت متاشیپ در مدل‌سازی سه‌بعدی انواع سطوح، نتایج بهتری نسبت به سایر نرم‌افزارها دارد [۴۶]. و خمیدگی‌ها و شکستگی‌ها را به خوبی تشخیص می‌دهد و پردازش می‌کند [۱۱]؛ اما در بازسازی لبه‌ها عملکرد مناسبی ندارد [۴۶].

با توجه به اهمیت و تاثیر نرم‌افزار و الگوریتم مورد استفاده در دقت و جزئیات مدل‌سازی و مستندسازی، لازم است با آگاهی از ویژگی‌ها و قابلیت‌های هریک از نرم‌افزارها و انتظارات از محصول خروجی، نسبت به انتخاب نرم‌افزار مناسب اقدام شود.

- کیفیت پژوهش‌ها در شرح فرایندی مستندنگاری با فتوگرامتری: با توجه به نوپا بودن کاربردهای روش فتوگرامتری در امر مستندنگاری میراث در کشور، در بررسی انجام شده، تلاش شده است تا از میان پژوهش‌های منتخب، پژوهش‌هایی که شرحی دقیق و گام‌به‌گام از روش مستندنگاری میراث با استفاده از فتوگرامتری و چگونگی کاربردهای آن را ارائه کرده‌اند، شناسایی و معرفی شود و از مطالعاتی که صرفاً به معرفی کلی روش و یا تشریح ناکافی آن پرداختند، متمایز گردند. این دسته‌بندی به علاقه‌مندان و پژوهشگرانی که به مستندنگاری میراث با کمک فتوگرامتری تمایل دارند کمک می‌کند تا با آگاهی از این مطالعات و رجوع به آنها، با فرایند کار و چگونگی انجام آن در مرحله برداشت و پردازش آشنا شوند.

مطابق جدول ۳، تشریح دقیق همراه با جزئیات فرایند استفاده از فتوگرامتری در ۲۱/۴ درصد از پژوهش‌ها توضیح داده شده است. در این مقالات [۹-۱۲، ۱۵، ۲۴، ۲۸، ۳۲، ۳۴، ۳۹، ۴۳]، کلیه مراحل مستندنگاری از طراحی شبکه، عکس‌برداری، تا نحوه استفاده از نرم‌افزار و حصول خروجی‌های مختلف مقیاس‌دار، در مواضع و نمونه‌های مطالعاتی مختلف از مقیاس تزئینات و عناصر وابسته به معماری تا مقیاس بافت‌های شهری و روستایی، ارائه شده است.

به طوریکه اگر در پژوهش‌های نخستین استفاده از دوربین‌های متریک برای برداشت متداول بود، امروزه دوربین‌های غیرمتریک و از دسته DSLR و دوربین تلفن‌های همراه هوشمند هستند که اقبال فراوانی پیدا کرده‌اند. پیشرفت نرم‌افزارهای فتوگرامتری، همچنین سهولت دسترسی و کاهش هزینه‌ها در گسترده‌ی استفاده از دوربین‌های غیرمتریک برای اخذ داده تأثیر بسزایی داشته‌اند [۲۵].

در نهایت و در یک صورت‌بندی کلی می‌توان گفت که در دو دهه اول، غلبه بحث محتوایی، معرفی اجمالی روش فتوگرامتری برد کوتاه از طریق اشاره مختصر به استفاده آن در فرایند مستندنگاری و نمایش محصول خروجی بوده است. دهه ۷۰ شمسی را که توجه به فتوگرامتری در ایران صرفاً توسط چند نهاد اجرایی نظیر سازمان نقشه‌برداری و سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح صورت گرفته است باید دوران جنینی نامید چرا که هنوز این روش در این زمان در امر مستندنگاری میراث چه در فضای پژوهشی و چه اجرایی عمومیت نیافته است. دهه ۸۰ شمسی با ورود موضوع به مباحث و پژوهش‌های دانشگاهی و طرح آن در همایش‌هایی نظیر همایش‌های ژئوماتیک، رفته‌رفته توجه بیشتری به آن صورت می‌گیرد، گرچه همچنان کمیت و کیفیت پژوهش‌های انجام شده در این بازه زمانی، حکایت از توجه اندک و سطحی به فتوگرامتری میراث دارد. براین اساس این دهه را می‌توان دوران نوزادی ورود فتوگرامتری به مستندنگاری میراث برشمرد. اما تلاش‌های مؤثری که در دهه ۹۰ به بعد برای توسعه نظری و کاربردی فتوگرامتری میراث صورت گرفته است، بستر اطلاق دوران کودکی و نوجوانی به موضوع را در این دهه فراهم می‌کند. در این دوره پذیرش کامل اهمیت و ضرورت مستندنگاری رقومی میراث با کمک فتوگرامتری مشهود است، در عین حال پژوهش‌های صورت گرفته بر بهبود و توسعه موضوع در نظر و عمل همسو با پیشرفت فناوری روز تأکید و اصرار دارند.

در یک نگاه کلی می‌توان تحولات محتوایی پژوهش‌های انجام‌شده در حوزه فتوگرامتری میراث در کشور را در قالب جدول ۴ صورت‌بندی کرد.

فتوگرامتری با هدف افزایش کیفیت محصول خروجی به سرانجام رسیده است. مطالعاتی که با تمرکز بر بخش‌های مختلف فرایند کار همچون طراحی شبکه و نحوه برداشت، همچنین تلاش‌هایی به‌منظور تلفیق فتوگرامتری با سایر فناوری‌های نوین نظیر لیزر اسکن، ضمن ارتقاء سطح آگاهی از موضوع و کاربست آن نسبت به دو دهه گذشته، در مسیر غلبه بر محدودیت‌ها نیز گام برداشته‌اند.

تلاش برای تولید اسنادی کاربردی در گردشگری نظیر تورهای مجازی، واقعیت مجازی و واقعیت افزوده، متأثر از پیشرفت‌های نرم‌افزاری و برخورداری از «الگوریتم‌هایی که با استفاده از تطبیق تصاویر و استخراج نقاط متناظر از عوارض یکسان، به صورت اتوماتیک به مدلسازی دقیق‌تر و سریع‌تر کمک می‌کنند [۴۸]»، دیگر تحول کیفی در پژوهش‌های این دهه نسبت به قبل محسوب می‌شود.

همچنین پژوهش‌های این بازه زمانی نشان‌دهنده توجه بیشتر تخصص‌های مرمت، باستان‌شناسی و معماری به موضوع فتوگرامتری میراث در کنار متخصصین نقشه‌برداری است. چنانچه پژوهش‌های انجام شده از سال ۱۴۰۰ تا کنون را می‌توان در نتیجه همکاری جدی متخصصین نقشه‌برداری، مرمت و معماری و با محوریت پژوهشگران رشته مرمت و معماری دانست. گرچه نباید فراموش کرد که چون امر مستندنگاری و تولید نقشه در وهله نخست در تخصص مهندسان نقشه‌بردار است، غفلت از برخورداری از دانش این گروه از متخصصان در فرایند مستندسازی رقومی میراث، قطعاً صحت و دقت محصول نهایی را مورد تردید قرار خواهد داد.

توجه به مستندنگاری آثار با ارزش تاریخی در مقیاس‌های محوطه [۱۹] و بافت‌های روستایی [۱۰] در این دوره از طریق توسعه استفاده تلفیقی از فتوگرامتری زمینی و پهپاد مبنا نیز از دیگر تحولات تکاملی این دوران به‌شمار می‌آید.

از منظر دیگر پژوهش‌های صورت گرفته در این چهاردهه متناسب با پیشرفت‌های زمانه، تغییر در نوع ابزار تصویربرداری را نیز نشان می‌دهد.

جدول ۴: سیر تحول محتوایی پژوهش‌های انجام‌شده در چهاردهه اخیر در حوزه فتوگرامتری میراث

Table 4: The content evolution of the research conducted in the last four decades in the field of heritage photogrammetry

دوره‌ها (periods)	دوران جنینی - دهه ۷۰ شمسی Embryonic period - The 70s SH	دوران نوزادی - دهه ۸۰ شمسی Infancy - The 80s SH	کودکی و نوجوانی - دهه ۹۰ تاکنون Childhood and adolescence - The 90s SH so far
مقوله‌ها (Categories)			
تمرکز و هدف محتوایی پژوهش‌ها Research focus and content	معرفی اجمالی روش فتوگرامتری بدون تشریح دقیق فرایند، صرف ایجاد آگاهی اولیه نسبت به روش در موضوع مستندنگاری میراث A brief introduction to the photogrammetry method without a detailed description of the process, just to create an initial awareness of the method in the field of heritage documentation.	توسعه نظری و کاربردی فتوگرامتری میراث و با تعمیق کیفی پژوهش‌ها Theoretical and practical development of heritage photogrammetry and improving the quality of research	
نوع دستگاه تبدیل فتوگرامتری Stages in development of photogrammetry	آنالوگ و تحلیلی Analogue and Analytical	رقومی Digital	رقومی Digital
فاصله عکس‌برداری در فتوگرامتری Camera distance	برد کوتاه Close-range	برد کوتاه Close-range	برد کوتاه Close-range
متداول‌ترین ابزار عکس‌برداری The most common photography tool	دوربین‌های متریک Metric camera	دوربین‌های غیرمتریک Non-metric camera	دوربین‌های غیرمتریک، تلفن همراه هوشمند، پهپاد Non-metric cameras, smartphones, drones

دوره‌ها (periods)	دوران جنینی - دهه ۷۰ شمسی Embryonic period - The 70s SH	دوران نوزادی - دهه ۸۰ شمسی Infancy - The 80s SH	کودکی و نوجوانی - دهه ۹۰ تاکنون Childhood and adolescence - The 90s SH so far
مقوله‌ها (Categories)	نقشه‌های دوبعدی 2D maps	نقشه‌های دوبعدی و مدل‌های سه بعدی 2D maps and 3D models	نقشه‌های دوبعدی و مدل‌های سه بعدی، واقعیت مجازی و افزوده 2D maps and 3D models, VR and AR
محصول و خروجی Product and output	اشیاء، عناصر وابسته به معماری و بنا Artifacts, architectural elements and monument	اشیاء، عناصر وابسته به معماری و بنا Artifacts, architectural elements and monument	اشیاء، عناصر وابسته به معماری، بنا، محوطه و بافت Artifacts, architectural elements and monument, site and urban and rural areas
مقیاس مستندنگاری Documentation scales			

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

هر چند آراء گوناگون و نظرات متفاوتی در شیوه پرداختن به آثار به‌جای مانده از گذشته و میراث فرهنگی کشورها و چگونگی بهره‌برداری و احیاء آنها وجود دارد و هر کس از پایگاه فکری و نظری خویش با آن مواجه می‌شود، اما برای شروع هر حرکتی در این حوزه، ثبت و مستندسازی آثار، واجد اهمیتی غیرقابل انکار است. مستندسازی این امکان را فراهم می‌کند که علاوه بر حصول آگاهی از وضعیت و شرایط فعلی آثار، و شناسایی آسیب‌ها و تغییراتی که در گذر زمان به آنها وارد آمده است زمینه اجرای انواع تحلیل‌های مورد نیاز و اخذ تصمیم و تعریف اقدام مناسب فراهم آید. در این راستا، در کشور تلاش‌های گسترده‌ای با صرف هزینه‌های هنگفت از سال ۱۳۰۹ شمسی - که اولین تاکید قانونی بر ثبت به موجب قانون حفظ آثار ملی پدیدار می‌شود- تا کنون صورت گرفته است، اما عدم موفقیت و عدم تناسب میان تلاش و نتیجه، با اندک تاملی در تعداد آثار ثبتی و کیفیت مستندسازی آنها قابل مشاهده است. از جمله دلایل چنین وضعیتی را باید، در عدم شناخت کافی متخصصان حفاظت و مرمت از فناوری‌های نوین و ابزارها و روش‌های آنها و اتکای صرف به روش‌های سنتی در مستندنگاری دانست.

نتایج بررسی انجام‌شده در حوزه تولیدات علمی در ایران نیز حکایت از توجه اندک چه از نظر کمی و چه کیفی به موضوع مستندنگاری میراث با فناوری‌های نوینی چون فتوگرامتری دارد. این کم توجهی علیرغم قدمت چهاردهه‌ای آشنایی با این روش در پژوهش‌های صورت گرفته در کشور است. با این حال روند روبه رشد توجه به موضوع فتوگرامتری میراث به خصوص از دهه ۹۰ شمسی به بعد (که ۸۴ درصد پژوهش‌ها در این بازه انجام شده است) نوید بخش آینده‌ای روشن در حوزه مستندسازی دیجیتال است. البته که سهم بیشتر پژوهش‌های ارائه شده در همایش‌ها و کنفرانس‌ها (حدود ۶۸ درصد) هنوز، بر در حال رشد بودن موضوع و عدم وجود استحکام علمی در آن حکایت می‌کند. اما با توجه به فواید منحصر به فرد این روش از جمله عدم نیاز به تماس فیزیکی با ساختار تاریخی در فرایند برداشت، سرعت داده کاوی و دسترسی به نتایج مورد انتظار مستندسازی، که قابلیت بایگانی، به‌روز رسانی و پردازش‌های پسینی دارند؛ ضروری است تا گرایشات پژوهشی به موضوع با اهمیت و کمتر توجه‌شده مستندسازی دیجیتال میراث با کمک روش‌هایی چون فتوگرامتری، جهت‌دهی شوند و امکان حفاظت

بهینه و اصولی از میراث فرهنگی کشورمان و انتقال آن به نسل‌های آینده مهیا شود.

در این مسیر با توجه به وسعت تاریخی و جغرافیایی ایران و سابقه تاریخی معماری و شهرسازی این سرزمین لازم است تا گستره جغرافیایی پژوهش‌ها به مقیاس سرزمینی توسعه یابد؛ برای این منظور لازم است وزارت میراث فرهنگی و دیگر نهادهای مرتبط با حوزه میراث، موضوع مستندنگاری دیجیتال میراث را به‌عنوان رکنی اساسی از فرایند حفاظت بیش از پیش به رسمیت شمرده و بستر تحقق آن را در عمل به کمک وضع لوایح، دستورالعمل‌ها، بخش‌نامه‌ها و امثالهم فراهم کنند. قابلیت اجرایی چنین کاری نیز برای این نهاد با عنایت به قوانینی همچون قانون تشکیل سازمان میراث (۱۳۶۴)، قانون اساسنامه تشکیل سازمان (۱۳۶۷)، و قوانین متاخری همچون قانون حمایت از مرمت و احیای بافت‌های تاریخی- فرهنگی (۱۳۹۸) مهیاست و تنها نیازمند بازنگری در دستورالعمل‌های سنتی مستندنگاری و ابلاغ آن به دستگاه‌های مجری و ارتقاء دانش و مهارت کارکنان میرا و چه مشاورین همکار با آن در امر مستندنگاری دیجیتال است.

با این اقدام مشاورین و پیمانکاران فعال در حوزه مرمت به تهیه مستندات فنی آثار به کمک روش‌های نوین مستندنگاری همچون فتوگرامتری الزام می‌یابند که این امر، علاوه بر توسعه فتوگرامتری میراث در گستره عملی حفاظت، به گسترش نظری آن و تولید اسناد پژوهشی و فنی دیجیتالی نیز منجر می‌شود و استفاده بیشتر و کارآمد از متخصصان حوزه فتوگرامتری را ضرورت می‌بخشد.

البته باید توجه داشت که فتوگرامتری میراث یک موضوع تخصصی و میان‌رشته‌ای است. به طوری که هم تخصص فنی در چگونگی و دقت برداشت مهم است و هم تخصص میراثی در ارزش‌گذاری و رعایت ملاحظات گفتمانی حفاظت. لذا با عنایت به اینکه پژوهشگران اصلی در موضوع مورد بحث - به استناد نتایج بدست‌آمده- از حوزه تخصصی نقشه‌برداری و فتوگرامتری بوده‌اند و خبرگان مرتبط با گفتمان حفاظت، سهمی کمتر در این مسیر داشته‌اند؛ ضرورت دارد تا ضمن افزایش مشارکت حوزه‌های دانشی غیر از نقشه‌برداری خصوصاً متخصصان و پژوهشگران مرمت و معماری در فعالیت‌ها و پژوهش‌های مرتبط با فتوگرامتری میراث؛ گروه‌های مستندنگاری میراث با پذیرش، تاکید و حمایت نهادهای میراثی، از مشارکت متخصصان هر دو حوزه دانشی

منابع و مآخذ

- [1] Feyzolah beygi A. Applying geomatics sciences in creating, registering, documenting, and protecting historical and cultural heritage. The 22nd National Geomatics Conference: 2014: Tehran. Iran. [In Persian]
- [2] Alitajer S, Afshariyazad, S. [Investigating the Role of Geomatics Engineering in the Applications of Cultural Heritage, Archeology and Architecture]. pazhoheshha-ye Bastan shenasi Iran. 2014; 3(5): 169-195. [In Persian]
- [3] Kacyra B. Ancient Wonders Captured in 3D [Video]. TED Conferences. Available from: [Accessed 28th June 2024].
- [4] razani M, razani M, ranjbari A, amiri A. [A new reproduction of the Urartian cuneiform inscription of Seqindel, Varzghan, East Azerbaijan, Iran]. Language Studies. 2024; 15(1): 57-80. [In Persian] <https://doi.org/10.30465/ls.2023.47346.2164>
- [5] Cabrelles M, Galcera S, Navarro S, Lerma J. L, Akasheh T, Haddad N. Combining 3D laser scans, photogrammetry, and thermography to record historical works. Translated by Tayyaba Manaqbi. Journal of Surveying. 2011; (112): 28-33. [In Persian]
- [6] Hassani F. documentation of cultural heritage techniques, potentials, and constraints. 25th International CIPA Symposium: 2015, 31 August – 04 September: Taipei, Taiwan.
- [7] Daneshpoor moghadam A. Preparation of 3D model of historical monuments with the help of 3D laser scanner. Geomatics: 2009: Tehran, Iran. [In Persian]
- [8] Khanipardanjani H, Sadeghian S. Evaluation of aerial, ground, and manual laser scanner data in cultural heritage documentation. 1st National Conference on the Documentation of Natural & Cultural Heritage: 2019: Tehran, Iran. [In Persian]
- [9] Amiriazar E, Andaroodi E, Saadatseresht M, Soltani gerdafamarzi B. Documenting the facades of historical houses in Oudlajan neighborhood of Tehran by Close-range photogrammetry method: providing a solution to remove the limitation of removing reflective tiled coverings. 2nd National Conference on the Documentation of Natural & Cultural Heritage: 2019: Tehran, Iran. [In Persian]
- [10] Farrokhi S, Sadeghi V, Tahmouresi R. [Documenting Rural Architectural Heritage Using Close-Range Photogrammetry (Case Study: Sorkhay House Entrance, Ushtabin Village, East Azerbaijan)]. JHRE. 2021; 40 (175): 63-78. [In Persian]
- [11] Abbasi maleki N, Tasdighi S, Andaroodi E. Modeling the decorations of historical buildings using close-range photogrammetry (Muqrans, the north side of Masoudiyeh Mansion). 2nd National Conference on the Documentation of Natural & Cultural Heritage: 2019: Tehran, Iran. [In Persian]
- [12] Asadpour A. [Application of Historical Photos Photogrammetry in Documenting Destroyed Buildings (Case

پیش گفته تشکیل شوند تا نتیجه امر هم از نظر فنی و هم ملزومات میراثی کارآمدی حداکثری داشته باشد.

توسعه همکاری میان این دو گروه متخصص، امکان گسترش فعالیت‌ها و مطالعات در گستره‌های بزرگتر از بنا نظیر محوطه و بافت‌های میراثی را نیز تسهیل خواهد کرد و راه‌حلی برای موضوع عدم توجه جدی به این مقیاس در امر مستندنگاری - که در این پژوهش مورد شناسایی قرار گرفت- خواهد بود. اساسا مستندنگاری در مقیاس شهری و روستایی نیازمند تعامل میان دستگاهی و میان رشته‌ای است و بیش از پیش، همکاری جدی و نزدیک نهادهای نقشه‌برداری و میراث کشور را می‌طلبد.

در نهایت نهادهای میراثی کشور و در راس آن وزارت میراث، نباید از اهمیت برنامه‌های ترویجی و مطالعاتی مرتبط با میراث دیجیتال، غافل شوند؛ چنانچه نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، از میان پژوهش‌های مرتبط با موضوع فتوگرامتری میراث، تنها ۲۰ درصد آنها با حمایت نهادهای اجرایی آنهم شهرداری‌ها و سازمان نقشه‌برداری کشوری تولید و منتشر شده است که از حضور و نقش ناچیز وزارت میراث فرهنگی و گردشگری و دیگر سازمان‌های تابعه به‌عنوان نهاد اصلی در این حوزه، حکایت می‌کند. به همین خاطر لازم است نهادهای میراثی کشور با برنامه‌ریزی و تخصیص اعتبارات لازم نسبت به حمایت از مستندنگاری دیجیتال چه در قالب رویدادهای ترویجی همچون برگزاری نشست‌ها و همایش‌ها و چه از طریق تعریف و پیش‌بینی از مطالعات و پژوهش‌های مرتبط سهم بیشتری در این حوزه ایفا کنند. در این صورت در کنار پیمودن گام‌هایی اصولی در مسیر حفاظت از میراث این مرز و بوم می‌توان به ایجاد پایگاه داده مجازی از کلیه آثار متنوع طبیعی و فرهنگی ایران در آینده‌ای نه چندان دور امیدوار بود.

مشارکت نویسندگان

این مقاله یک نویسنده دارد که مسئولیت کامل تمامی بخش‌های مقاله را برعهده داشته است.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح پژوهشی به شماره ط/۱۲۳۲۵ در دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) است که از تاریخ ۲۴ اردیبهشت ۱۴۰۳ آغاز شده و کماکان در جریان است. لازم می‌دانم از حمایت‌های صمیمانه همکاران دلسوزم در معاونت پژوهشی دانشگاه تشکر کنم. در ضمن از خانم‌ها سمانه ابی‌زاده دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه هنر اصفهان و کیمیا بیاتی دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه هنر ایران، که در شکل‌گیری این پژوهش و گردآوری بخشی از منابع پشتیبان همراهی داشتند، صمیمانه سپاسگزارم.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسنده بیان نشده است.»

- Deterioration Patterns]. KCR. 2022; 5(4): 12-19. URL: [In Persian]
- [25] Esmaeili F, Ebadi H, Mohammadzade A, Saadatseresht M. [Evaluation of Close-Range Photogrammetric Technique for Deformation Monitoring of Large-Scale Structures: A review]. JGST. 2019; 8(4): 41-55.
- [26] Ghodsi N, Nastaran M, Ghasemi V. [Socio-spatial Segregation in Iran: Systematic Review and Qualitative Meta-Analysis]. Motaleate Shahri. 2022; 11(44): 79-94. [In Persian] Doi:10.34785/J011.2022.175
- [27] Sabzekar H, Sadeghian S, Javadi M. Geomatics in modern researches of cultural heritage; Background, capabilities, and challenges. 2nd National Conference on the Documentation of Natural & Cultural Heritage: 2019: Tehran, Iran. [In Persian]
- [28] Farsimadan M, Hajizadeh Bastani K, Shahbazi Shiran H, Alizadeh Sola M. [The Application of Photogrammetry in Documentation of Inscriptions on Historical Monuments; New Photogrammetry Project in Allah Allah Dome in Sheikh Safi Al-Din Shrine Complex]. JRA. 2020; 6(2): 57-73. [In Persian] Doi: 10.52547/jra.6.2.57
- [29] Jafarzadeh H. The connection of photogrammetry with archeology and architecture and its application. The International Conference on Human, Architecture, Civil Engineering and City (ICOHACC 2015): 2015: Tabriz, Iran. [In Persian]
- [30] Sadeghian S, Khoshboresh Masooleh M. Evaluation of geometric processing of semi-automatic close-range photogrammetric images for accurately documenting historical objects with complex structure. 1st National Conference on the Documentation of Natural & Cultural Heritage: 2018: Tehran, Iran. [In Persian]
- [31] Rahimi Jafari F, Habibi F, Moazen S. [Introducing the Non-Destructive Method of Photogrammetry in the Study and Survey of Historical Monuments]. JRA. 2021; 7(2): 135-158. [In Persian] Doi:10.52547/jra.7.2.135
- [32] Hojatpanah Sh, Vafae Baneh B, Forsatkar E, Vafae Baneh K. Application of photogrammetry, virtual tour and information modeling for documenting cultural heritage (Taq Bostan case study). 3rd International Conference on Building Information Modeling (BIM): 2020: Tehran, Iran. [In Persian]
- [33] Sadeghian S, Sedighpoor D. Documenting historical monuments using UAV images to restore and determine buffer zones, case study: DolatAbad Castle. 1st National Conference on the Documentation of Natural & Cultural Heritage: 2018: Tehran, Iran. [In Persian]
- [34] Asadpoor A. Application of mobile photogrammetry in architectural documentation (studied example: Shiraz Koran gate tiling). National Conference on Architecture, Civil Engineering, Urban Development and Horizons of Islamic Art in Study: Saadieh Historical Mansion]]. Pazhoheshha-ye Bastan Shenasi Iran. 2023; 13(36): 355-383. [In Persian]
- [13] Baik A, Alitany A. From architectural photogrammetry toward digital architectural heritage education, ISPRS TC II Mid-term Symposium "Towards Photogrammetry 2020": 2018 June 4–7: Riva del Garda, Italy.
- [14] Marín-Buzón C, Pérez-Romero A, López-Castro J.L, Ben Jerbania I, Manzano-Agugliaro F. Photogrammetry as a New Scientific Tool in Archaeology: Worldwide Research Trends. Sustainability. 2021; 13, 5319. <https://doi.org/10.3390/su13095319>
- [15] Andaroodi E, Koulabadi A, Mehdizadeh Seradj F. [Recognizing Decorative Elements Taken from the West in Qajar Period Façades Using Close-Range Photogrammetric Technology: The Case of Window-Pediments in the Ahmad Shahi Pavilion]. Soffeh. 2023; 33(1): 119-137. [In Persian] Doi: 10.52547/sofeh.33.1.11
- [16] Zulfaghari M, Malian A. Surveying of historical buildings by close-range photogrammetry method. Surveying Conference 78: 1999: Tehran, Iran. [In Persian]
- [17] Hejazi M, Azizi A, Yazdkhasti M. Close-range photogrammetry and geometric patterns in Islamic architecture and discussion of symbolic concepts. 6th International Conference on Civil Engineering: 2005: Isfahan, Iran. [In Persian]
- [18] Remondino F, Toschi, I, Menna, F. A Critical Review of Automated Photogrammetric Processing of Large Datasets. 26th International CIPA Symposium: 2017, 28 August–01 September: Ottawa, Canada.
- [19] Sadeghian S, Rajabi A, Sedighpoor D. [3D modeling for documentation, restoration, and determination of the area of Dolatabad Castle in Qom using UAV images]. JGST. 2021; 10 (3): 229-241. [In Persian]
- [20] Adl S, Karimi A. [A look at the numerical (digital) and photogrammetric views of Zozen and Bastam]. Athar. 1998; 19(29, 30): 90-120. [In Persian]
- [21] Enayati H. [Protection of Cultural Works Using Digital Photogrammetry Methods]. Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR). 1999; 8(32): 39-42. [In Persian]
- [22] Malian A. Photogrammetry in cultural heritage registration. Journal of Surveying. 2000; 43 (2 and 3). [In Persian]
- [23] Sargazi H, Malian A. The application of geospatial information engineering in documenting for national and global registration (case study: shahr-e-sookhteh). 1st National Conference on the Documentation of Natural & Cultural Heritage: 2018: Tehran, Iran. [In Persian]
- [24] Shirvani M, Zareiyan Jahromi S. [Damage Map of Rostam and Ashkboos Relief in Divan Khaneh Building Using Photogrammetry, Based on Illustrated Glossary on Stone

[44] Sajadi S. Y. The application of close-range digital photogrammetry in the documentation of Gorgan's defense wall (principles of maintenance, research, restoration, reconstruction, preservation, and revitalization of ancient monuments). 1st National Conference on the Documentation of Natural & Cultural Heritage: 2018: Tehran, Iran. [In Persian]

[45] Hemmati Z, Ebadi H, Hosseini Naveh Ahmadabadian A, Esmaeili F. [Presented a New Algorithm for Network Design and Path Planning It Captures Drone Modeling Purposes for Archaeological Sites]. Journal of Geomatics Science and Technology. 2017; 7(2): 167-180. [In Persian]

[46] Emami H, Rostami S. G. [Analysis and comparison of the exactness of specialist drone-based software products in urban and exurban regions]. Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR). 2022; 31(123): 63-87. [In Persian] doi:10.22131/sepehr.2022.699908

[47] Samadzadegan F, Farzam F. Applying the proposed techniques in close-range digital photogrammetry to monitor changes in historical buildings. Geomatics 1383: 2007: Tehran, Iran. [In Persian]

[48] Mousavi V, Khosravi M, Ahmadi M, Noori N, Haghshenas S, Hosseini Naveh A, Varshosaz M. The performance evaluation of multi-image 3D reconstruction software with different sensors. Measurement. 2018; 120: 1-10. https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.01.058

the Second Step Statement of the Revolution: 2021: Tabriz, Iran. [In Persian]

[35] Samadzadegan F, Sarpoolaki M, Azizi A. Extraction of geometric information and digital modeling of "Ceshm-e-Ali" relief using close-range digital photogrammetry. Geomatics 1381: 2003: Tehran, Iran. [In Persian]

[36] Samadzadegan F, Azizi A, Sarpoolaki M. [Correcting the geometric structure of non-metric digital images in photogrammetry and computer vision to extract three-dimensional information of objects]. University College of Engineering. 2005; 38(6): 873-884. [In Persian]

[37] Rostami Javid R, Ebadi H, Esmaeili F. Evaluation of close-range photogrammetry and laser scanning methods in producing 3D models of ancient objects. The 2nd National Conference on Geospatial Information Technology: 2016: Tehran, Iran. [In Persian]

[38] Sharifi A, Malian A. Evaluating the efficiency of non-parametric geometric correction methods in images obtained from unmanned aerial vehicles (case study: the historical castle of Izad Khasvet city). 1st National Conference on the Documentation of Natural & Cultural Heritage: 2018: Tehran, Iran. [In Persian]

[39] Baghani A, Valadanzoj M. J, Mokhtarzadeh M. Preparation of large-scale cadastral maps of urban areas using UAV photogrammetry method. The First National Conference on Geospatial Information Technology: 2016: Tehran, Iran. [In Persian]

[40] Hemmati Z, Ebadi H, Hosseini Naveh Ahmadabadian A, Esmaeili F. Design and implementation of UAV-based photogrammetry network for modeling ancient sites. The first geospatial information technology engineering conference: 2015: Tehran, Iran [In Persian]

[41] Hemmati Z, Ebadi H, Hosseini Naveh Ahmadabadian A, Esmaeili F. UAV-based photogrammetry application in 3D modeling of ancient sites. 2nd National Geospatial Information Technology Engineering Conference: 2016: Tehran, Iran. [In Persian]

[42] Ghafarian asadast M, Molazemalhoseini M. K, Mehrpooya S. The use of close-range photogrammetry in the preparation of inscription maps and the production of 3D models of the artistic arrays of the Holy Shrine of Imam Reza. 1st National Conference on the Documentation of Natural & Cultural Heritage: 2018: Tehran, Iran. [In Persian]

[43] Zeynalpoor Asl M, Samadzadegan F, Dadras Javan F, Talebian M. H. [3D Modeling of Architectural Heritage Using UAV Photogrammetry. Case Study: Deir-e Gachin caravansary]. Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning. 2022; 26(4): 61-73. [In Persian] Doi:10.22059/jfaup.2021.325822.672644

معرفی نویسنده

AUTHOR BIOSKETCHES



امیرمحمد معززی مهرطهران استادیار گروه مرمت و احیاء بناهای تاریخی در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) است. دکتری تخصصی خود را در رشته مرمت ابنیه و بافت‌های تاریخی از دانشگاه هنر اصفهان در سال ۱۳۹۵ دریافت

کرده است. ایشان دارای دو مدرک کارشناسی ارشد در رشته‌های مرمت بناها و بافت‌های تاریخی، گرایش میراث معماری و شهرسازی، گرایش برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای است که به ترتیب از دانشگاه‌های تهران و هنر اصفهان اخذ کرده است. حوزه‌های تخصصی، پژوهشی و اجرایی وی بیشتر بر محور موضوعاتی چون باززنده‌سازی میراث معماری و شهری، مدیریت میراث فرهنگی، و مستندنگاری دیجیتال میراث متمرکز است.

Moazezi Mehr-e-Tehran, A. M., Assistant Professor at the Department of Architectural Heritage Conservation, Faculty of Architecture and Urbanism, Imam Khomeini International University, Qazvin, Iran.

✉ a.moazezi@arc.ikiu.ac.ir

Citation (Vancouver): Moazezi Mehr-e-Tehran A.M. [Photogrammetry, Modern Technology in Cultural Heritage Documentation: A Systematic Review of Related Research in Iran]. *J. RS. GEOINF. RES.* 2025; 3(1): 103-118



<https://doi.org/10.22061/jrsg.2025.11559.1087>



COPYRIGHTS

© 2025 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)