

بررسی جایگاه مهندسی ژئوماتیک در کاربردهای

میراث فرهنگی

سید محسن میری

mohsen_miri@alborz.kntu.ac.ir

دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دکتر مسعود ورشوساز

Varshosazm@kntu.ac.ir

مدیر گروه فتوگرامتری و سنجش از دور دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تهران، خیابان ولیعصر، تقاطع خیابان میرداماد، شماره ۱۳۶۴

چکیده

روشهای مهندسی ژئوماتیک امروزه به عنوان مجموعه‌ای از کارآمدترین روشها در اندازه‌گیریهای هندسی، تجزیه و تحلیلها و تفسیرهای مربوط به موضوعات مطرح در میراث فرهنگی، چشم‌اندازهای روشنی پیش روی متخصصان و دست‌اندرکاران این عرصه قرار داده است. تعیین جایگاه شاخه‌های مهندسی ژئوماتیک متشکل از فتوگرامتری، سنجش از دور، لیزر اسکن، نقشه‌برداری زمینی و سیستم اطلاعات جغرافیایی در عرصه‌های مختلف میراث فرهنگی همچون مستندنگاری، معماری، باستان‌شناسی محورهای اصلی مورد بحث در این مقاله می‌باشند که از نقطه نظرهای دقت محصولات نهایی، زمان و هزینه تولید، نگهداری و مدیریت این نوع اطلاعات مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در این تحقیق مهمترین پارامترهای مطرح در هر یک از این کاربردها با توجه به نیازها، تعاریف و گردشهای کاری موجود در واحدها و سازمانهای مرتبط با میراث فرهنگی تعیین می‌گردد. مقایسه روشهای سنتی موجود با روشهای نوین، ارائه راهکارها و روشهای پاسخگویی به نیازهای مطرح از طریق روشهای علوم ژئوماتیک و فراهم آوردن بستری جهت استانداردسازی این روشها، از جمله دستیافته‌های دیگری است که از طریق این مقاله می‌تواند در اختیار کارشناسان و محققان قرار گیرد.

واژگان کلیدی: سنجش از دور، سیستمهای اطلاعات هندسی، فتوگرامتری، لیزر اسکن، میراث فرهنگی، نقشه‌برداری زمینی.

۱- مقدمه

مبحث اندازه‌گیریهای هندسی از جمله مباحث مطرح در بسیاری از کاربردهای پژوهشی و اجرایی میراث فرهنگی به شمار می‌رود. ضرورت تعیین موقعیت و وضعیت عوارض، اطلاع از شرایط فیزیکی و توپوگرافی محیط اطراف سایتها، تهیه نقشه‌هایی از پلان سایتها، تهیه پروفیلهایی از مقاطع مختلف عوارض، تولید مدل‌های هندسی مرمت و بازسازی اشیاء تاریخی و فرهنگی و... از جمله مواردی هستند که اهمیت اندازه‌گیریهای هندسی را در کاربردهای میراث فرهنگی روشن می‌سازند. استفاده از روشهایی که امکان استخراج اطلاعاتی با حداکثر دقت و در حداقل زمان ممکن فراهم آورند؛ همواره مورد توجه متخصصان و محققان ذیربط قرار گرفته است. مشکلات ناشی از بکارگیری روشهای سنتی در تهیه مدلها و نقشه‌های مورد نیاز در مقیاسهای مختلف، باعث بروز مشکلاتی در

انجام مدلسازیهای مورد نیاز میراث فرهنگی شده است که از آنجمله می‌توان به صرف زمان و هزینه زیاد و خستگی نیروی انسانی در فعالیتهای مستندنگاری، تهیه طرحهای مرمت و بازسازی، معماری، مدل‌های سه‌بعدی هندسی و نمایشی اشاره نمود. با وجود طیف وسیع آثار تاریخی و فرهنگی موجود در ایران که یادگارهایی از تنوع فرهنگها و تمدنهای کهن را در سینه خود نگاه داشته است، هنوز از روشهایی در تهیه مدل‌های هندسی و نمایشی آثار استفاده می‌گردد که علاوه بر دقت و کیفیت کم نسبت به روشهای نوین، صرف زمان و هزینه زیادی را نیز به دنبال خواهند داشت. بررسی جایگاه شاخه‌های مهندسی ژئوماتیک در کاربردهای میراث فرهنگی به‌عنوان محور اصلی این تحقیق، به ارزیابی زمینه‌هایی از میراث فرهنگی می‌پردازد که امکان انجام اندازه‌گیریهای هندسی با استفاده از روشهای مهندسی ژئوماتیک در آنها وجود دارد. مطالب ذکر شده در این مقاله عمدتاً به اختصار بیان شده‌اند و جزئیات بیشتر در کتابخانه دانشکده مهندسی عمران و نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی موجود می‌باشد.

۲- مسائل و فعالیتهای مطرح در میراث فرهنگی

در این بخش، زمینه‌های مطرح در میراث فرهنگی که به نوعی با اندازه‌گیری هندسی سروکار دارند از نقطه‌نظر کاربردی مورد بررسی شده، معایب و مزایای روشهای اندازه‌گیری مربوطه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این کاربردها شامل مستندنگاری، معماری، اکتشاف و باستان‌شناسی می‌باشند که در ذیل به شرح آنها و پارامترهای مورد نیاز در هر زمینه پرداخته می‌شود.

۲-۱- مستندنگاری

مستندنگاری به عنوان پیشنهاد انجام فعالیتهایی همچون مستندسازی، حفاظت و مرمت، بازسازی و ثبت آثار به‌شمار می‌رود [۲]. هدف از مستندنگاری ثبت تصویری وضعیت موجود بنا یا اثر شامل آسیبها، فرسایشها، تغییر شکلها و... می‌باشد که معمولاً بوسیله عکس، نقشه، اسلاید و گزارش انجام می‌گیرد. امکان استخراج جزئیات کافی، قابلیت ذخیره‌سازی رقومی، تنوع محصولات نهایی و امکان استفاده در دوره‌های زمانی مشخص از جمله پارامترهایی که در تهیه داده‌های مورد نیاز در مستندنگاری آثار و بناهای تاریخی و فرهنگی می‌بایست مورد توجه قرار گیرد [۲]. بسته به اینکه مستندنگاری در راستای معرفی اثر، مرمت و یا آسیب‌شناسی‌های ادواری صورت گیرد؛ این پارامترها ممکن است متفاوت تعریف گردند. مستندنگاری در فرآیند مستندسازی منجر به تولید اطلاعات و داده‌هایی مرتب شده و زمانمند در قالبهای ترسیمی، عکسی و... می‌شود بطوری که امکان استخراج اطلاعات (توصیفی و هندسی) مورد نیاز در کاربردهای مختلف فراهم آید [5]. مستندات جمع‌آوری شده شامل عکسها، تصاویر و اطلاعات توصیفی از میراث فرهنگی می‌توانند در دوره‌های مختلفی از زمان به مقایسات و ارزیابی تغییرات عارضه در طول زمان و علل آن کمک نمایند. مستندنگاری در فرآیندهای ثبت میراث فرهنگی نیز وظیفه تعیین ارزش یک اثر باستانی فرهنگی را جهت درج نام آن در فهرست آثار موجود در سطوح مختلف محلی، ملی و بین‌المللی برعهده دارد. وارد نمودن یک اثر فرهنگی باستانی در فهرست آثار فرهنگی ثبت شده نیاز به همراهی اطلاعات هندسی و توصیفی کامل و گویا از عارضه دارد. ارائه اطلاعاتی از قبیل شکل، ابعاد، موقعیت و وضعیت سایتها، اشیاء باستانی به همراه سایر

اطلاعات توصیفی (قدمت، سبک معماری و یا ساخت اثر و...) در معرفی صحیح و دقیق آثار فرهنگی به سازمانهای ملی و بین المللی نقش مهمی ایفا می نماید [۳]. در فرآیندهای حفظ و نگهداری نیز مستندنگاری با هدف محافظت از اثر در برابر خطرات و عوامل تهدیدکننده آن و به عبارتی جلوگیری از گسترش دامنه عملکرد عوامل مخرب صورت می گیرد. تصاویر و نقشه‌های مربوط به عارضه یا سایت باستانی، یکی از گویاترین و مطمئن‌ترین منابع مورد نیاز در تجزیه و تحلیل علل فرسایش، تخریب و سایر خطرات تهدیدکننده بنا می‌باشند. این اطلاعات در صورتی که بصورت زمانمند جمع‌آوری گردند امکان بررسی تغییرات عوارض را برای کارشناسان فراهم می‌نمایند. لایه‌هایی همچون شرایط جوی و اقلیمی، نقشه‌های توپوگرافی، نقشه‌های راهها، نقشه‌های آلودگی آب و هوا، عارضه‌های طبیعی (جنگل، رود و...) و عوارض شهری (بلوکهای ساختمانی، خیابانها و...) جهت اتخاذ تصمیمات کارآمد در مراقبت از آثار و محوطه‌های تاریخی ضروری می‌باشد. با توجه به اینکه هدف از انجام مرمت در یک طرح مرمت اعاده وضعیت قبلی در مقطع زمانی مورد نظر می‌باشد [۱] در مقیاسهای بزرگ نیز با استفاده از مدل‌های مورد نیاز طرحهای مرمت و بازسازی (عکسها، نقشه‌ها، طرحها و...) به مستندنگاری و آسیب‌نگاری اثر جهت انجام امور حفاظتی و مرمتی پرداخته می‌شود. بنابراین بکارگیری روشهایی که امکان استخراج اطلاعات لازم را در فواصل زمانی معین (ماهانه، سالیانه و...) فراهم آورند، می‌تواند در مشخص نمودن نوع و علل آسیب، میزان فرسایش، دوره و زمان فرسودگی و نحوه و میزان تأثیرات محیطی بر عارضه مؤثر واقع گردد. تهیه مقدمات مرمت، بازدید از وضعیت موجود قبل از مرمت، برداشت وضعیت موجود، مستندنگاری و آسیب‌شناسی اثر، از مراحل کلی یک طرح مرمت به شمار می‌روند. پس از انجام مرحله مستندنگاری، گروه مرمت به بررسی مواردی از قبیل نوع آسیب، علل آسیب و راهکارهای مرمت و جلوگیری از پیشروی فرسایشها می‌پردازند. در تعریف بازسازی آثار میراث فرهنگی نیز می‌توان به احیای مجدد آثار باستانی و فرهنگی تخریب شده و طراحی عملکرد مناسب با وضع قبلی سوژه اشاره نمود [۱]. زمانی که یک اثر فرهنگی و تاریخی بر اثر عواملی مانند زلزله، فرسایش، ساخت وسازهای شهری و... تخریب می‌گردد؛ نیاز به اطلاعاتی جهت بازسازی این آثار بوجود می‌آید. اطلاعات توصیفی مانند تاریخچه ساخت، جنس اجزای سازنده، سبک معماری، روش ساخت عارضه، نوع بافت عارضه و اطلاعات هندسی شامل نقشه‌های موقعیتی، طرحهای معماری، عکسها، مدل‌های سه‌بعدی، طرحهای هندسی از نقش و نگارهای موجود بر عارضه، پلانها و... از جمله اطلاعاتی می‌باشند که در زمینه انجام امور بازسازی در مقیاسهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. کامل بودن اطلاعات هندسی از عارضه، موجود بودن ۷۰ تا ۸۰ درصد از عارضه و وجود مدارک و مستندات تاریخی کافی از شکل اولیه عارضه از پارامترهایی می‌باشند که در بازسازی آثار تخریب شده مورد اهمیت قرار می‌گیرند [۳]. زمان زیاد مراحل برداشت، دشواری و خسته‌کننده بودن روشهای موجود، نیاز به نصب تجهیزات اضافی جهت آماده‌سازی (از قبیل داربستهای محافظ، داربستهای مختصاتی)، جابجایی و حمل و نقل تجهیزات مذکور، استفاده از نیروی انسانی اضافی (جهت جابجایی و نصب داربستها، برداشت مختصات، نوشتن و یادداشت‌برداری، طراحی کروکی از جزئیات و نقش و نگارها و...)، خطر آسیب رسیدن به عارضه بر اثر نصب داربستها، غیرممکن بودن نصب داربستها در بسیاری از شرایط زمانی و مکانی (دسترسی غیر ممکن، شرایط حفظ و نگهداری اثر و...) از جمله معایب روشهای سنتی به شمار می‌روند. در حال حاضر استفاده اصلی از تصاویر بیشتر به

منظور بیان مراحل طرح مرمت، تهیه اسلایدهای نمایش وضعیت قبل و بعد از انجام اقدامات مرمتی می‌باشد [۲]. فعالیتهای مرمتی در واحدهای پژوهشی به دو دسته مرمت اشیاء غیرمنقول (غیرقابل جابجایی) و مرمت آثار و اشیاء منقول (قابل جابجایی) طبقه‌بندی می‌گردد. مستندنگاری در این فعالیتهای بیشتر با هدف آسیب‌نگاری عوارض صورت می‌گیرد.

۲-۲- معماری

فعالیت‌های مرتبط با معماری از چهار دیدگاه مطالعات معماری باستان، منظرشناسی معماری، طراحی‌های معماری و طراحی‌های شهری قابل ارزیابی می‌باشند. بررسی و مقایسه سبک‌های معماری، شیوه ساخت و مطالعه در زمینه اجزای بکار رفته در ساخت بناها و سایت‌های تاریخی از مهمترین مباحثی می‌باشند که در بررسی معماری باستان مطرح می‌گردند. مدل‌های ارائه دهنده خصوصیات هندسی و تفسیری بنا می‌توانند شامل مواردی از قبیل شکل پلان کلی سایت، شکل پلان هر کدام از اتاقها و سالنها، مقاطع قائم و افقی از اجزای تشکیل دهنده بناها (دیوارها، ستونها، سردرها، سقفها و ...) و نیز طرحها و نقوش بکاررفته در معماری بنا باشند. در حال حاضر اکثر این مدلها یا با تکیه بر نقشه‌ها و طرحهای قدیمی و یا با استفاده از روشهای نقشه‌برداری تقریبی در مقیاسهای ۱:۲,۰۰۰ تا ۱:۱۰ تهیه می‌شوند و نیاز به بکارگیری روشهای دقیقتر و کاملتر در این زمینه احساس می‌گردد [۳]. در شاخه مطالعات منظرشناسی پارامترهای مربوط به زیبایی‌شناسی طبیعی و مصنوعی منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرد. عوارضی که در این کاربرد مطرح می‌گردند عبارتند از لایه‌های اطلاعاتی عوارض طبیعی (کوه، دشت، رودخانه، درختکاری، جنگل، تپه و ...) و عوارض مصنوعی (ساختمانها، سازه‌های خدمات شهری مانند تیرهای چراغ برق، لوله‌های آب و گاز بر روی زمین و ...) که جهت انجام تجزیه و تحلیل‌های زیبایی‌شناسی منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقیاسهای موردنیاز در این گرایش، بین کوچک مقیاس (۱:۲۵۰,۰۰۰) تا بزرگ مقیاس (۱:۲,۰۰۰) متغیر می‌باشد. طراحی‌های معماری نیز شامل مواردی از قبیل طراحی مسیر گردشگران در محوطه‌ها، ایجاد و یا بهبود مبلمان محوطه، استقرار امکانات رفاهی و تفریحی (چایخانه، گردشگاهها، استراحتگاهها، محوطه‌های بازی و سرگرمی و ...) می‌باشند که نیازمند به مدلها و نقشه‌هایی در مقیاسهای متوسط تا بزرگ مقیاس می‌باشند. تهیه پلان سایت و سازه‌ها و محوطه‌های اطراف آن، مسیرهای عبور و مرور وسایل نقلیه و پرسنل و گردشگران، طراحی محوطه‌های حفاظتی و نمایشی مانند موزه‌ها و انبارها، تعیین محدوده‌های حفاظت و حریم‌های ساخت و ساز از جمله وظایفی است که گروه‌های طراحی معماری برعهده دارند. همچنین این مدلها در کاربردهای طراحی شهری در اطراف این محوطه‌ها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. مقیاسهای مورد نیاز این تجزیه و تحلیل‌ها بین ۱:۱۰۰,۰۰۰ تا ۱:۲,۰۰۰ متغیر می‌باشد. در حال حاضر از روشهای نقشه‌برداری زمینی با تکیه بر نقشه‌ها و پلانهای قدیمی در تهیه لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز استفاده می‌گردد.

۲-۳- باستان‌شناسی و اکتشاف

مجموعه فعالیتهایی که باعث شناخت بیشتر میراث کهن یک سرزمین می‌گردد باستان‌شناسی نامیده می‌شود که می‌تواند با حوزه‌های تاریخ‌شناسی، اکتشاف، معماری کهن، زمین‌شناسی، ثبت آثار و مستندسازی در تعامل

اطلاعاتی باشند. در اکتشافات باستان‌شناسی، تعیین موقعیت اشیاء مکشوفه و یا تعیین محدوده سایت‌های باستانی کاوش شده و کاوش نشده، از اولویتهای این پروژه‌ها به‌شمار می‌آید. بدین منظور، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ژئوآرکئوفیزیک از مهمترین داده‌های موردنیاز در اکتشافات می‌باشند. نقشه‌های زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی، تصاویر آرکئوژئوفیزیک (تصاویر نشان‌دهنده وجود عوارض باستانی در زیر زمین با استفاده از امواج ژئومغناطیس و ژئوالکتریک)، اطلاعات مربوط به نوع و قدمت و موقعیت معادن، داده‌های لرزه‌نگاری، نقشه‌های پوشش گیاهی و نقشه‌های هیدروگرافی از مهمترین داده‌های مورد نیاز در تجزیه و تحلیل‌های زمین‌باستان‌شناسی به‌شمار می‌روند.

۳- جایگاه مهندسی ژئوماتیک در کاربردهای میراث فرهنگی

پس از شرح فعالیت‌های مطرح در میراث فرهنگی که به نحوی با اندازه‌گیری‌های هندسی سر و کار دارند در این قسمت مهندسی ژئوماتیک و نحوه بکارگیری آن در فعالیت‌های فوق مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. بطور کلی نقش مهندسی ژئوماتیک در کاربردهای میراث فرهنگی به دلیل ماهیت هندسی بسیاری از موضوعات مطرح در این عرصه، بیشتر به اندازه‌گیری‌های هندسی آثار و عوارض موردنظر معطوف می‌گردد. نتایج حاصل از این اندازه‌گیری‌ها، بسته به روش مورد استفاده و مقیاس موردنیاز، در زمینه‌های مختلفی بکار گرفته می‌شوند. در ادامه به بررسی کاربردهای شاخه‌های مهندسی ژئوماتیک در عرصه میراث فرهنگی می‌پردازیم.

۳-۱- فتوگرامتری بردکوتاه

روشهای مستندنگاری در فتوگرامتری بردکوتاه را می‌توان از نقطه‌نظر پیچیدگی کار به دو دسته کلی تقسیم‌بندی نمود؛ روشهای فتوگرامتری پیچیده (حرفه‌ای)، روشهای فتوگرامتری ساده (غیرحرفه‌ای). در روشهای فتوگرامتری پیچیده معمولاً از تجهیزاتی استفاده می‌گردد که ممکن است در دسترس همه افراد قرار نگیرد و یا به دلیل هزینه بالای آنها امکان تهیه آنها برای همگان ممکن نباشد. به عنوان مثال می‌توان به دوربین‌های متریک کالیبره شده در آزمایشگاههای فتوگرامتری، اسکنرهای دقیق و با استحکام بالا، تست فیلدهای موجود در آزمایشگاهها (جهت کالیبراسیون دوربین‌ها)، نرم‌افزارهای پیشرفته فتوگرامتری (جهت انجام محاسبات دقیق و پیچیده) و تجهیزات جانبی دیگر اشاره نمود. چنین روشهایی در پروژه‌های بسیار دقیق میراث فرهنگی از قبیل بررسی فرسایشها، جابجایی‌ها و سایر تغییر شکل‌های هندسی آثار باستانی و همچنین مدلسازی دقیق اشیاء و عوارض میراث فرهنگی کاربرد دارند. اندازه‌گیری المانهای غیر قابل رؤیت (منحنیها، خطوط و...) و خصوصیات اجزای هندسی تشکیل دهنده اشیاء تاریخی و فرهنگی (شعاع کمانها، قطر و ضخامت صفحات، طولها و زوایا و...) می‌تواند در مستندنگاری دقیق این آثار در دوره‌های مختلف زمانی مورد بررسی قرار گیرند (شکل ۱). در نقطه مقابل، تجهیزاتی که در روشهای فتوگرامتری ساده (غیرحرفه‌ای) استفاده می‌شوند معمولاً در دسترس همه افراد قرار داشته و به دلیل هزینه پایین آنها نسبت به تجهیزات فتوگرامتری حرفه‌ای، امکان تهیه آنها برای همگان میسر می‌باشد که از آنجمله می‌توان به دوربین‌های غیرمتریک و ارزان قیمت معمولی، نرم‌افزارهای ساده فتوگرامتری و مدلسازی نمایشی، تجهیزات ساده نقشه‌برداری (مانند متر و خط‌کش و...) و اسکنرهای رومیزی رایج در بازار اشاره نمود. در نهایت محصولاتی با

تنوع در دقت و کیفیت مانند ارتوفتو، مدل‌های سه‌بعدی، مدل‌های سه‌بعدی متحرک و استاتیک و تصاویر برجسته استریو در اختیار کارشناسان و متخصصین قرار می‌گیرد.



شکل ۱: استخراج اطلاعات هندسی از اجزای غیرقابل رؤیت در اشیاء باستانی

در بررسی روند فرسایش محوطه سایتها فتوگرامتری می‌تواند اطلاعاتی از قبیل میزان فرسایش، علل فرسایش و سرعت فرسایش را در اختیار کارشناسان مرمت قرار دهد تا با آگاهی بیشتری به مرمت و ترمیم آثار باستانی آسیب دیده بپردازند. روشهای فتوگرامتری با استفاده از تکنیکهای جدید پردازش تصویر، می‌توانند به استخراج و اندازه‌گیری دقیق این عوارض بپردازند. آنچه در نتایج استفاده از این روشها اهمیت دارد دقت و کیفیت محصولات نهایی می‌باشد. در یک طرح مرمت، فتوگرامتری برد کوتاه به عنوان یکی از روشهای کارآمد در تهیه مقاطع، نماها، مدل‌های پرسپکتیو (به همراه تصاویر پانوراما) به منظور ارائه تصویری کامل سوژه نقش مهمی ایفا می‌نماید [۱]. اگرچه در مواردی مدلسازی نقش‌های مسطح مثل نقاشیها و طرحهای دیواری با استفاده از تصاویر single ممکن است اما استخراج اطلاعات سه‌بعدی نیاز به استفاده از تصویربرداری استریو از عوارضی چون نقش برجسته‌ها و کتیبه‌ها را مطرح می‌سازد (شکل ۲). در مواردی که امکان دسترسی به عارضه و یا استقرار جهت تصویربرداری ممکن نباشد و یا عوارضی با texture کم و پیچیدگی زیاد مورد بررسی قرار گیرند، استفاده از تکنیکهای فتوگرامتری با مشکلاتی مواجه خواهد شد که از طریق روشهای دیگری مانند لیزر اسکن به مدلسازی این موضوعات پرداخته می‌شود.

۳-۲- فتوگرامتری هوایی و سنجش از دور

از جمله منابع داده‌ای که می‌تواند موقعیت صحیح و نسبتاً دقیق سایتها را نسبت به محیط اطراف بدست دهد، تصاویر هوایی و نقشه‌های حاصل از آنها می‌باشد. استفاده از عکسهای هوایی معمولاً در پروژه‌هایی که تهیه نقشه توپوگرافی و پلانهای دوبعدی در مدل‌های بزرگ تا کوچک مقیاس از یک منطقه وسیع مد نظر باشد، مطرح می‌گردد که از لحاظ زمان و هزینه تهیه این مدلها نسبت به سایر روشها برتری دارد. تصاویر ماهواره‌ای نیز به دلیل فاصله زیاد

تصویربرداری نسبت به زمین به منظور تهیه نقشه‌ها و مدل‌های بسیار کوچک، کوچک و متوسط مقیاس مناسب می‌باشند. گاهی بجای تصویربرداری مجدد باید از تصاویر قدیمی استفاده گردد تا مدل‌های مناسب جهت بررسی تغییرات بناها و محدوده‌هایی که طی زمان و در تندباد حوادث تخریب گشته‌اند، بدست آید. در فرآیندهای تهیه نقشه‌های دوبعدی، نقش فتوگرامتری در بهنگام‌سازی نقشه‌های موجود بسیار کلیدی می‌باشد. با استفاده از منحنی میزانهای مناسب در نقشه‌های توپوگرافی می‌توان مدل رقومی ارتفاعی (DEM) یک منطقه را تهیه نمود و از تلفیق آن با تصاویر فتوگرامتری یا سنجنش از دور، به ارتوفتو رسید. عکسهای هوایی بزرگ مقیاس در نهایت پلانی با دقت ۱۰ سانتیمتر و یک مدل ارتفاعی رقومی (DEM) از منطقه را بدست خواهند داد که به کمک آن می‌توان حجم مصالح موجود را جهت بازسازی منطقه برآورد نمود [6]. نقشه موقعیتی سایتها، تهیه نقشه راههای دسترسی به سایتها و اماکن تاریخی، تهیه نقشه‌های توپوگرافی و منحنی‌های میزان و مدل‌های رقومی ارتفاعی زمین از جمله مدل‌هایی می‌باشند که می‌توان از طریق تصاویر هوایی و سنجنش از دور به آنها دست یافت و در تعیین سبک و روش ساخت معماری بناها، سایتها و شهرهای تاریخی و نیز پروژه‌های طراحی شهری و آنالیزهای منظرشناسی مورد استفاده قرار داد.

۳-۳- لیزر اسکن زمینی و هوایی

در تهیه مدل‌های هندسی و نمایشی از عوارضی با شکل‌های پیچیده، مدلسازی سه‌بعدی محدوده‌هایی وسیع با عوارض متعدد و یا مکان‌هایی کم نور یا تاریک، محل‌های صعب العبور، سطوح ناهموار و شیب‌های تند نقش تکنولوژی لیزر اسکن زمینی در مقایسه با سایر روشها مانند فتوگرامتری و نقشه‌برداری بسیار نمایان می‌گردد. در چنین مواردی، تهیه یک ابر نقطه‌ای از مدل سه‌بعدی عوارض با استفاده از تکنولوژی لیزر اسکن زمینی می‌تواند در مدت زمانی کم، باعث تسریع و تسهیل فرآیند جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در مستندسازی گردد. کارشناسان مرمت و بازسازی بناها و آثار تاریخی، از طریق مدل‌های سه‌بعدی بنا که قبل و بعد از تخریب توسط داده‌های لیزر اسکن تهیه شده‌اند، می‌توانند به برآورد میزان خرابی‌ها در اثر حوادثی همچون زلزله، سیل و... بپردازند. در یک طرح مرمت، لیزر اسکن می‌تواند به عنوان یکی از روشهای کارآمد در تهیه مقاطع، نماها، مدل‌های پرسپکتیو بناها به منظور ارائه مدلی کامل از عوارض موردنظر نقش مهمی ایفا نماید. یکی از مهمترین مشکلات استفاده از داده‌های لیزر اسکن دقت پایین در استخراج لبه‌ها می‌باشد که لزوم تلفیق این روش را با روشهای بافت‌مبنا (texture-base) آشکار می‌نماید [4].

لیزر اسکن هوایی مشابه لیزر اسکن زمینی در تهیه مدل‌های سه‌بعدی از سطوح پیچیده در مدت زمان کم بسیار موفق ظاهر گشته‌است. نقشه‌های توپوگرافی و مدل‌های سه‌بعدی کوچک مقیاس بدست‌آمده از LIDAR (لیزر اسکن هوایی)، در کاربردهایی از قبیل تهیه نقشه‌های موقعیتی سایتها و بررسی عوامل محیطی از قبیل بررسی شیبها و مدل سه‌بعدی محوطه‌های تاریخی در قبل و بعد از حوادث غیر مترقبه کاربرد دارند. به دلیل جدید بودن این تکنولوژی، هنوز هزینه پایین‌تر و دسترسی بیشتر تجهیزات تصویربرداری هوایی و پردازش داده‌ها و نیز وجود texture در محصولات نهایی فتوگرامتری، از برتریهای این روش نسبت به LIDAR به شمار می‌آید.

۳-۴- نقشه برداری زمینی

روشهای نقشه برداری می‌توانند در تهیه اطلاعات هندسی در قالب مختصات نقاط، مساحت و حجم عوارض نقش مهمی ایفا نمایند. اما روشهای نقشه برداری به دلیل پیچیدگی عوارض میراث فرهنگی و زمانبر بودن این روشها، بیشتر در تکمیل کردن روشهای دیگر ژئوماتیک از قبیل آماده سازی نقاط کنترل جهت اعمال تصحیحات هندسی، Register کردن مدلها و یا افزایش دقت محصولات فتوگرامتری و لیزر اسکن مورد استفاده قرار می‌گیرند. تهیه نقشه توپوگرافی اطراف سایتها و بناهای تاریخی و برداشت اطلاعاتی از موقعیت و وضعیت جغرافیایی عوارض در مناطق باستانی با استفاده از روشهای نقشه برداری منجر به تولید مدلهای مورد نیاز جهت قرار گرفتن در شناسنامه‌های ثبت آثار فرهنگی می‌گردد تا در مواردی همچون طراحی راههای دسترسی به بناها، تعیین خطرات محیطی تهدیدکننده بنا، بررسی شرایط توسعه شهری محیط اطراف سایتها مورد استفاده کارشناسان و گردشگران قرار گیرند. سیستمهای موبایل و کامپیوترهای قابل حمل (مثل Laptop و PDA) مجهز به GPS، از جمله وسایلی هستند که می‌توانند ابزارهای مناسبی جهت هدایت و راهنمایی گردشگران حین بازدید از محوطه‌های دیدنی مثل سایتها و اماکن باستانی و فرهنگی باشند. در این سیستمها مدلها و نقشه‌هایی که نسبت به محیط توجیه شده‌اند طراحی می‌گردد و گردشگران با استفاده از تجهیزاتی همچون عینکها و ماسکهای مجهز به دوربینهایی (جهت انجام توجیه زاویه دید) هدایت می‌شوند و اطلاعات مربوط به عوارض موجود در محیط را دریافت می‌دارند [8]. از جمله دیگر کاربردهای این شاخه از ژئوماتیک می‌توان به نقشه برداری دقیق (ژئودتیک) در بررسی تغییر شکلها و جابجاییهای عوارض و تهیه مدلهای تغییر شکل اشاره نمود که در گروههای حفاظت و مرمت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

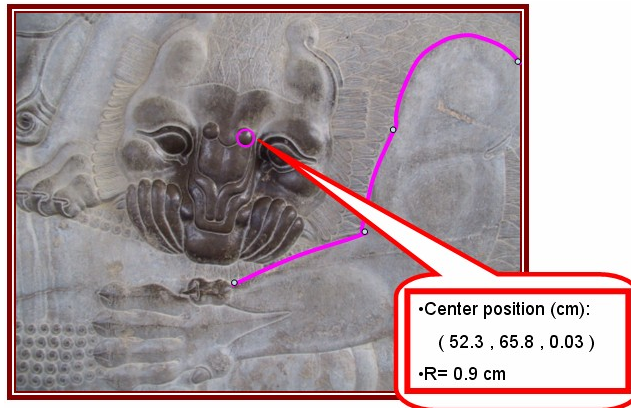
۳-۵- سیستمهای اطلاعات هندسی

سیستمهای اطلاعات هندسی به سیستمهایی گفته می‌شود که مجموعه فرآیندهای ذخیره سازی، پردازش، تجزیه و تحلیل اطلاعات و نمایش محصولات و مدلهای نهایی بدست آمده از روشهای مختلف از قبیل فتوگرامتری، نقشه برداری و لیزراسکن و همچنین سایر علوم مرتبط همچون معماری و زمین شناسی را در خود جای داده‌اند.

سیستمهای اطلاعات فتوگرامتری معماری (APIS)

سیستمهای اطلاعات فتوگرامتری معماری سیستمهایی با قابلیت انجام فعالیتهایی چون آرشیو کردن، ثبت و مستندنگاری داده‌های فتوگرامتری بوده، با ارائه اطلاعاتی در زمینه روشهای جمع‌آوری، پردازش و ارائه داده‌های فتوگرامتری معماری، راهنمای علاقمندان و افراد متخصص در کاربردهای مربوطه می‌باشند. این سیستمها در حقیقت یک رابط بین متخصصان فتوگرامتری و متخصصان معماری می‌باشند. در پایگاههای داده‌ای که در این سیستمها طراحی می‌گردد اطلاعاتی از قبیل آدرس محل نگهداری عکسها، اطلاعات توصیفی، طرحها و نکات تاریخی و معماری، روشهای مستندنگاری ساده و حرفه‌ای و نیز سایر امکانات جستجو قرار داده شده‌است. امکان جستجو در زمینه خصوصیات تعریف شده میراث فرهنگی در مورد یک اثر فرهنگی یا باستانی و پروژه‌های در حال انجام در این سیستمها فراهم می‌آید (شکل ۲) که می‌تواند در جذب گردشگران از طریق ارائه اطلاعات موجود در پایگاه داده

در مورد آثار میراث فرهنگی، برقراری ارتباط بین افراد متخصص و گردشگران در زمینه آشنایی با روشها، امکان اندازه‌گیری و انجام آنالیز بر روی اطلاعات پایگاه داده، امکان پردازش تصاویر و داده‌های جمع‌آوری شده از طریق گردشگران و ارائه محصولات نهایی از این عکسها، شرکت دادن افراد در فرآیندهای مستندسازی غیردقیق آثار و در اختیار قرار دادن دستورالعملهایی در مورد روشهای جمع‌آوری اطلاعات مؤثر واقع گردند [9].



شکل ۱: اندازه‌گیری و ذخیره‌سازی اطلاعات هندسی از جزئیات اشیاء و آثار باستانی

سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS)

این سیستمها نیز مشابه سیستمهای اطلاعات فتوگرامتری عمل می‌نمایند ولی دارای قابلیت‌های تجزیه و تحلیل بیشتر و منابع ورودی گسترده‌تری می‌باشند که معمولاً مقیاسهای وسیع‌تری را نسبت به APIS شامل می‌شوند. با استفاده از سیستمهای اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان به مدیریت طرحیهای شهری با استفاده از اصول حفاظت از حریم بناهای تاریخی و فرهنگی مبادرت ورزید. به این منظور لایه‌های اطلاعاتی از اطراف سایت‌های تاریخی تهیه گشته، شرایط ساخت و ساز با توجه به ساختار زمین‌شناسی منطقه، میزان تأثیر ساختمان بنا نسبت به نشست‌های حاصل از ساختمان‌سازیها و مواردی از این دست در آنالیزها دخالت داده می‌شوند. با استفاده از روشهای فتوگرامتری هوایی امکان تهیه نقشه‌های شهری و غیرشهری بوجود می‌آید. در چنین نقشه‌هایی بلوکهای ساختمانی، خیابانها، محدوده‌های حفاظت شده و بسیاری دیگر از عارضه‌های شهری مشخص می‌گردند و بر مبنای آن لایه‌های اصلی و مبنا جهت تعیین موقعیت و وضعیت سایتها در سیستمهای GIS بدست می‌آید.

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله زمینه‌های کاری مطرح در عرصه میراث فرهنگی که نیاز به اندازه‌گیری و ذخیره‌سازی اطلاعات هندسی دارند مورد بحث و بررسی قرار گرفت. همچنین زمینه‌های نفوذ مهندسی ژئوماتیک در این حوزه‌ها بطور اجمالی مشخص گشت. از مزایای فتوگرامتری در آسیب‌نگاری مرمت بنا (در واحدهای پژوهشی) می‌توان به سرعت در انجام مراحل برداشت میدانی و پردازشهای بعدی، دقت مناسب مدل‌های حاصل از لحاظ هندسی و رادیومتریکی، تنوع مدل‌های نمایشی و هندسی نهایی (مانند نقشه خطی و مدل‌های دوبعدی مشابه، عکس ترمیم شده، ارتوفوتو،

مدلهای برجسته‌بینی، مدل‌های سه‌بعدی مختلف بصورت Textured, Rendered و Wire Frame، مدل‌های مقایسه وضعیت در زمانهای مختلف و...)، نیروی انسانی کم جهت انجام کلیه مراحل (شاید فقط یک نفر)، امکان تکرار مجدد هر پروژه و بهنگام‌سازی اطلاعات و یکسان بودن محیط پردازشهای تصویر و تصحیحات هندسی و رادیومتریکی با محیط ترسیمات اشاره نمود.

با وجود سرعت بالای جمع‌آوری و پردازش داده در تکنولوژی لیزر اسکن، مدل‌هایی که نیاز به بافت و texture دارند هنوز با روشهای فتوگرامتری تهیه می‌گردد. سیستمهای اطلاعات جغرافیایی نیز می‌توانند خصوصیات هندسی و توصیفی بنا را با تلفیقی از داده‌های جمع‌آوری شده از منابع مختلف، به سازمانهای ثبت میراث فرهنگی ارائه نمایند. مسلماً در صورت وجود اطلاعات کافی از آثار و ابنیه تاریخی و فرهنگی، می‌توان در صورت تخریب بناها و سایت‌های تاریخی، بر اثر حوادث غیر مترقبه از قبیل سیل، زلزله بروز چنین حوادثی، به بازسازی مجدد آثار باستانی مبادرت ورزید. اهمیت روشهای ژئوماتیک در استفاده‌های چند منظوره‌ای می‌باشد که از محصولات این روشها حاصل می‌گردد. مثلاً از تلفیق لیزر اسکن و فتوگرامتری می‌توان به تهیه مدل‌های دوبعدی و سه‌بعدی به همراه texture اشاره نمود که علاوه بر کاربردهای حفاظت و مرمت می‌تواند در مطالعات معماری باستان و منظرشناسی نیز مورد استفاده قرار گیرند. به‌عنوان کارهای آینده، پیشنهاد می‌گردد که استانداردهایی برای جمع‌آوری اطلاعات هندسی از طریق روشهای مهندسی ژئوماتیک تدوین گردد تا بکارگیری این روشها با سهولت، صحت و دقت بیشتری در کاربردهای میراث فرهنگی صورت پذیرد.

۵- منابع

- [۱]: ماهنامه هفت‌شهر/ سال چهارم/ شماره یازده صفحه ۳۰
- [۲]: صورتجلسه مصاحبه با دفتر فنی مرمت و مستندنگاری آثار، مجموعه میراث جهانی تخت جمشید، سید محسن میری، دانشگاه بهمن ۱۳۸۳.
- [۳]: صورتجلسه مصاحبه با گروه‌های پژوهشی فعال در بنیاد پژوهشی پارسه و پاسارگاد، مجموعه میراث جهانی تخت جمشید، توسط سید محسن میری، بهمن ۱۳۸۳.

[4] Sabry F. El-Hakim, J. Angelo Beraldin, Michel Picard, Antonio Vettore, (2003) "Effective 3D Modeling Of Heritage Sites", 4th Int. Conf. 3-D Digital Imaging and Modeling, Banff, Canada, October 6-10, 2003, pp. 302-309.

[5]: Lagerqvist. B. (1999). "A system approach to conservation and cultural heritage resources management, photogrammetry as a base for designing documentation models", XVII CIPA Congress. CIPA WG IV. CIPA; Olinda, Brazil, 1999. <http://cipa.icomos.org/fileadmin/papers/olinda/99c101.pdf>

[6]: Stone, Jane L. & Clowes, Michael, (2004). Photogrammetric recording of the Roman earthworks "Cawthorn camps", north Yorkshire. The Photogrammetric Record 19 (106), 94-110.

[7]: Mohsen Miri, Masood Varshosaz (2005). "Standardization of Geomatics Applications in Cultural Heritage", 2005. Map Middle East conference proceeding CD.

[8]: Ursula.Kretschmer (2002) , "Using mobile systems to transmit location based information" Fraunhofer Institute for Computer Graphics. www.isprs.org/commission3/proceedings/papers/paper010.pdf.

[9]: Herbig U., Gmeinhardt G., Landerer M. (1999) "Administration examples for the usage of cultural heritage recordings", Proceeding CD of the XVII Symposium of CIPA in Olinda/Recife – Brazil.