

اسکن ۳ بعدی تاریخ

برای پاسخگویی عملی به نیازهای سازمان میراث فرهنگی یک سفر جهت بررسی عملیاتی محصول انتخاب شده به ابتکار آقای مهندس برومند مدیرعامل و یکی از بنیانگذار شرکت تکنو ترتیب داده شد. برای عملیات اجرایی یکی از سخت ترین موارد که از اولویت بالایی نیز برخوردار بود انتخاب شد: تخت جمشید.

جریان کار

لیست نیازهای میراث فرهنگی را می توان بصورت زیر خلاصه کرد:

- سایت پلانها در مقیاسهای مختلف
- نماهای ۳ بعدی نمایشی بصورت فیلمهای کامپیوتری موسوم به **Visualisation**
- زیر ساخت برای توسعه یک موزه مجازی (قابل دسترسی در کامپیوتر و یا اینترنت)
- انواع نقشه های دیجیتالی مانند نقشه های توپوگرافی
- اندازه گیریهای غیر مستقیم طولها و مختصات
- نقشه های جزئیات از آثار صخره ای و دیواری مانند حجاریها و ترکها

مکانهای باستانی اندکی در دنیا وجود دارند که می توانند ادعا کنند که قدمتی به اندازه تاریخ دارند. تخت جمشید قطعاً می تواند چنین ادعائی داشته باشد. تخت جمشید از ۵۲۰ سال قبل از میلاد مسیح با وقار بر پا بود تا آنکه که اسکندر مقابل خواهش دلبر خود سرفروود آورد و تخت جمشید را به تلی از خاکستر نشاناد. تخت جمشید یکبار توسط نقشه برداران آلمانی از طرف دانشگاه شیکاگو در سال ۱۹۵۸ (۱۳۴۷ شمسی) مورد نقشه برداری قرار گرفت. دیگر بار در اسفند سال ۱۳۸۰ گروهی مرکب از کارشناسان سازمان میراث فرهنگی ایران، شرکت تجهیزات کاوشگران نوآور (تکنو) و یک کارشناس از شرکت ریگل اتریش با استفاده از پیشرفته ترین ابزار یعنی اسکنر لیزر ۳ بعدی (ساخت شرکت ریگل) بخشهایی از تخت جمشید را نقشه برداری کردند.

تالیف: محمدرضا افشار و مهدی برومند (شرکت تکنو) استادنیسکا (شرکت ریگل اتریش)

ترجمه (با اندکی تغییر): محمدرضا افشار

تخت جمشید در ۵۵ کیلومتری شمال شیراز در جنوب غربی ایران واقع شده است. در زمان خودش، تخت جمشید مرکز امپراطوری وسیع ایران بود. این امپراطوری از غرب به ترکیه امروزی و از شرق به هند محدود می بوده است. اینک بسیاری بر این باور هستند که این مکان توسط داریوش هخامنشی انتخاب شده تا بعنوان پنهانگاه پادشاهان ایران و همچنین محل استقبال از شاهانی که تحت نظر شاهنشاه حکومت می کردند، باشد.

ماموریت تخت جمشید

سازمان میراث فرهنگی ایران ارگان اصلی دولت ایران برای اداره کلیه فعالیتهای مربوط به



کاخ صد ستون، تخت جمشید، دستگاه اسکنر لیزری ۳ بعدی LMS-Z360 ساخت ریگل اتریش



مدل ۳ بعدی یکی از دروازه‌های ۱۰ متری کاخ صد ستون که توسط کارشناسان سازمان میراث فرهنگی بازسازی شده است.

از میان نیازهای فوق، تنها مورد آخر با قابلیت‌های اجرایی اسکنر لیزرها کمی مغایرت داشت، لذا پیشنهاد شد حاصل کار با فتوگرامتری برد کوتاه تلفیق شود. بنابراین، در حین کار با دستگاه اسکنر لیزر همچنین عکسهائی با دوربینهای متریک برداشته شد.

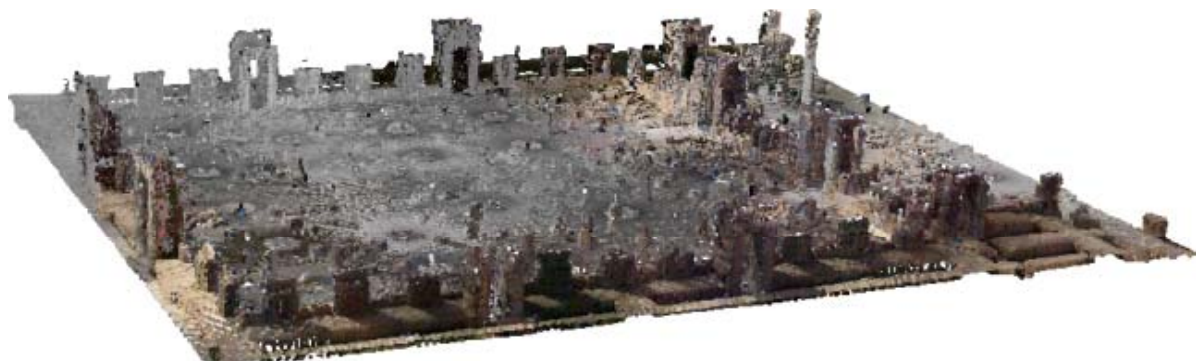
اجرا

پس از بررسی مشخصات دستگاهها، دستگاه جدید شرکت ریگل بنام LMS Z360 انتخاب شد. قابلیت‌های سیستم جدید نسبت به نمونه معروف آن یعنی LMS Z210 بهبود چشمگیری یافته است. Z210 بخاطر قابلیت اطمینان، پایداری مکانیکی و همچنین استحکام از شهرت زیادی برخوردار است. علاوه بر این موارد، دو مورد کلیدی دیگر نیز از رشد قابل توجهی برخوردار بوده است: نخست دقت برداشت دستگاه جدید به حدنصاب ۱۲ میلیمتر رسیده و دوم آنکه میدان دید دستگاه بالغ بر یک زاویه ۳۶۰ درجه در سطح افق و ۹۵ درجه در سطح قائم (۴۷٫۵ درجه در بالا و پائین خط افق) می‌شود. (دستگاههای قبلی میدان دیدی برابر با ۲۱۰ درجه داشتند.)

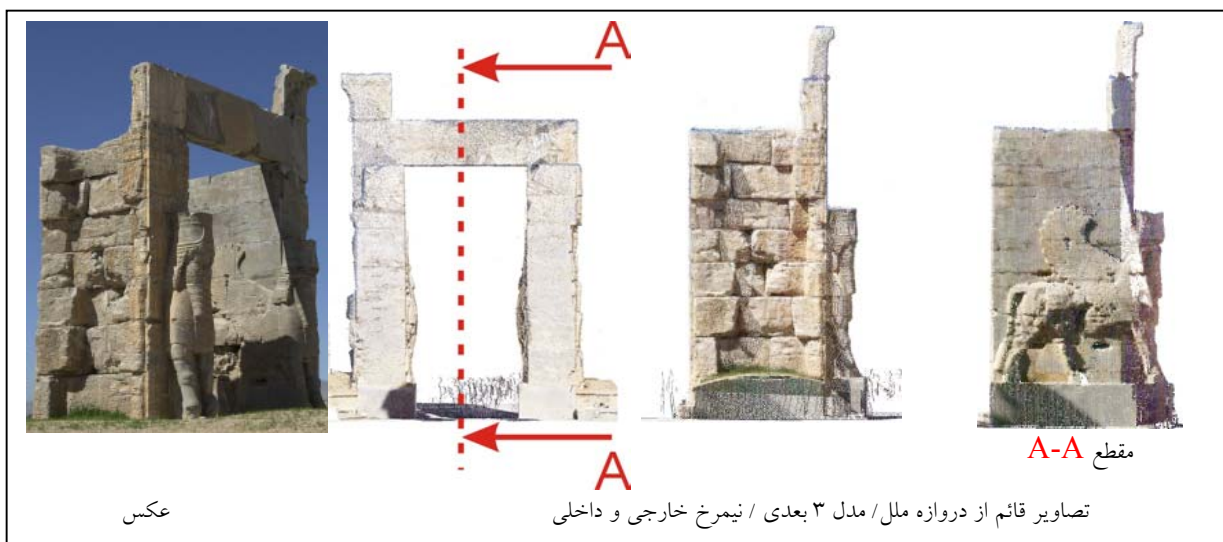
گروه، صبح یک روز زمستانی که معمولاً بنا بر شرایط منطقه ابری است به تخت جمشید رسید. پس از یک معارفه کوتاه با مسئولین سایت تخت جمشید به طراحی شبکه رفلکتورهای خود پرداخت. (رفلکتورها صفحات بازتاب کننده ویژه‌ای هستند که نور لیزر با حداکثر مقدار منعکس می‌کنند و جهت محاسبات تلفیق اسکنهای مختلف بکار می‌روند.) برخلاف انجام اسکن های تکی که از سهولت زیادی برخوردار هستند، تلفیق اسکنهای مختلف امری دشوار است. با این وجود این مرحله نیز با استفاده از تکنیک خاص نرم‌افزار **RiScan** و استفاده از رفلکتورهای اسکن شده، بدل به امری ساده می‌شود. تنها پیش نیاز برای تلفیق ساده اسکنهای مختلف، وجود حداقل ۴ رفلکتور مشترک در میدان دید اسکنهای منتخب برای تلفیق میباشد. طبعاً هرچه تعداد رفلکتورها بیشتر باشد، برای حصول دقت بیشتر بهتر است چراکه بر اساس محاسبات کمترین مربعات دقت با افزایش تعداد رفلکتورها بشدت افزایش مییابد. ارتباط بین رفلکتورهای دو اسکن از طریق مقایسه هندسه موقعیت رفلکتورها (فاصله و

زاویه بین آنها) حاصل می‌شود و بطور مستقیم اطلاعات یک اسکن قابل افزودن به یک اسکن دیگر است. این درحالیست که "اسکن درحال کار" بدون دخالت در امر تلفیق بطور همزمان قابل انجام است. (به این ترتیب هنگام شروع اسکن جدید، می‌توان قسمتی از کار تلفیق را که معمولاً در دفتر کار انجام می‌گیرد را در محل کار انجام داد) دستگاه ساخت ریگل خود را در حین اسکنها بسیار خوش دست نشان داد. یک باتری معمولی اتومبیل برای کار از سحر تا شام یعنی تقریباً ۱۲ ساعت بدون وقفه کافی بود. میزان بار کاری بسیار کم بود و برای شروع و خاتمه کار تنها زدن یک کلید کافی بود. رویه کلی زیر برای انجام اسکنها پی گرفته شد:

- ۴ دقیقه برای اسکن ۳۶۰ درجه (دید افقی) و ۹۵ درجه (دید قائم) با وضوح زاویه‌ای ۷ دقیقه. از این اسکنها که دارای وضوح متوسط بودند، بعنوان برداشت عمومی و محاسبات تلفیق اسکنها استفاده شد.
- ۳ تا ۵ دقیقه برای اسکن قسمتهای منتخب با وضوح زاویه‌ای ۳۶ ثانیه در مواقع لزوم (برداشت با جزئیات زیاد)



کاخ صد ستون، مدل ابر نقطه‌ای حاصل از تلفیق ۵۷ اسکن با رنگ واقعی، نمونه‌برداری اطلاعات بصورت ۳۰ سانتیمتری. منطبق خاکستری در اوقات ابری اسکن شده اند.



عکس

تصاویر قائم از دروازه ملل / مدل ۳ بعدی / نیمرخ خارجی و داخلی

مقطع A-A

- ایجاد فایل‌های خروجی جهت نرم‌افزارهای دیگر

بدیهی است که جمع‌آوری اطلاعات با نرخ معادل ۱۰۰۰۰ نقطه در ثانیه حجم انبوهی از اطلاعات را ایجاد می‌کند. با قابلیت‌های فعلی کامپیوتر، علاوه بر اینکه رویارویی با این حجم اطلاعات دشوار است بلکه قدری هم غیر ضروری مینماید. از اینرو فیلتر کردن اطلاعات بدل به امری مهم می‌شود. تعداد زیادی روش‌های آسان فیلتر کردن اطلاعات در نرم‌افزار **RiScan** وجود دارد که عبارتند از: فیلترهای صفحه‌ای، مکعبی، بردو محدودده که آنها را بسیار کارساز جلوه کردند.

اطلاعات فیلتر شده را می‌توان مستقیماً جهت نمایش سه بعدی بکمک نرم‌افزار **RiView** انتقال داد. مثالی از یکی از دروازه‌های موسوم به دروازه ملل (تحت جمشید) در شکل دیده می‌شود. برای نمایش نمای قائم دیواره داخلی، نیمه مدل برش داده شده و به کنار گذاشته شده و صفحه برش در شکل بصورت خط چین قرمز مشخص است.

بود. سرعت نرم‌افزار در امر تلفیق در حدی بود که قبل از ترک تخت جمشید امکان تا مناطق خالی پوشش داده نشده شناسایی و پر کردن این مناطق با انجام اسکنهای اضافی میسر شود.

پردازش اطلاعات

پس از تلفیق اسکنها، نوبت به پردازش اطلاعات رسید. تا قبل از رسیدن به محصولات نهایی کار پردازشهای متعددی لازم است که عبارتند از:

- فیلتر کردن اطلاعات
- ایجاد فایل نمایش سه بعدی
- نمونه گیری
- ایجاد فایل‌های خروجی DXF , ASCII



- در پاره‌ای از موارد از حالت **Log to File** (برداشت متوالی) استفاده شد، که موضوع مورد اسکن تا ۱۰ بار اسکن می‌شد. تحت این شرایط دقت تا حدود ۵ میلیمتر افزایش یافت. از این روش در مورد مواردیکه دقت حداکثر مورد نیاز بود استفاده شد
- ۲ تا ۴ دقیقه زمان متوسط برای انتقال از یک موقعیت اسکن به نقطه بعد بود. با توجه به وزن نسبتاً سبک، کلاً یک اپراتور برای دستگاه و یک نفر کمک برای جابجائی وسایل مورد استفاده قرار گرفت.
- برای تلفیق اسکنها بجای روش زنجیره‌ای از یک روش ستاره‌ای استفاده شد. از یک اسکن مرکزی که به لحاظ مکانی نیز در وسط سایت قرار داشت بکار رفت و دیگر اسکنها مانند پره‌های دوچرخه که به محور متصل می‌شوند به اسکن مرکزی اضافه شدند. در این روش دقت نهائی بمراتب از تلفیق زنجیره‌ای که یک اسکن مانند دانه‌های زنجیر یکی پس از دیگری به اسکن ماقبل خود تلفیق می‌شوند، بهتر خواهد



خروجی رنگ واقعی اطلاعات خام حاصل اسکن ۹۵ × ۳۶۰ درجه شامل ۷۹۱ × ۳۰۰۱ اندازه‌گیری

نمونه‌گیری از اطلاعات معمولاً قبل از ارسال اطلاعات به نرم‌افزارهای دیگر ضروری خواهد بود. مانند همه اسکنرها، جمع‌آوری اطلاعات بصورت متحدالزاویه و نه توزیع یکنواخت نقاط (متحدالفاصله) انجام می‌گیرد. نقشه‌برداران بیشتر مایلند تا با مدلی با توزیع یکنواخت نقاط روبرو باشند. از اینرو هنگام ارسال اطلاعات به نرم‌افزار دیگر مثلاً نرم‌افزارهای نقشه‌برداری جهت تهیه نقشه توپوگرافی، توزیع یکنواخت نقاط باعث سرعت و سهولت کار خواهد شد. در هنگام نگارش این نوشتار یک نقشه بکمک نرم‌افزار AutoCAD از کاخ صد ستون در حال اجرا است. این نقشه بر اساس خروجی فایل DXF از نرم‌افزار RiScan در حال تهیه می‌باشد.

پایان کار

زمان خداحافظی با تخت جمشید فرا رسیده است. ما با دلی شاد با تخت جمشید وداع می‌کنیم. به ویرانه‌های تخت جمشید می‌گوییم تا دیگر نگران نباشد. به خرابه‌های تخت جمشید می‌گوییم: تو در کامپیوتر دستی و لوح‌های فشرده خود ذخیره‌ای. بگذار تا اسکندری دیگر بیاید و ترا به آتش بکشد. آنقدر از تو اسکنهای مختلف تهیه شده تا هر کسی اجازه یابد تا به سراغ تو بیاید و میان خرابه‌های تو قدم بردارد و از فرهنگ اقوام ایرانی که قرن‌ها قبل از پیدایش بسیاری از کشورهای امروزی زندگی می‌کرده‌اند غرق در شگفتی شود.

با ینهمه نباید دچار اشتباه شد. با وجود همه تازیه‌هایی که در طول تاریخ بر پیکر تخت جمشید فرود آمده، از عظمت و وقار آن هیچ کاسته نشده است. پس از ملاقات این مهد تمدن، به اندیشه برتر مردمانی که طرح این مکان با حساب و کتاب را ریخته‌اند، اعتقاد پیدا خواهید کرد.

این درست است که دستگاه Z360 قابلیت‌های زیادی از خود نشان داد ولی نباید فراموش کرد که کمکها و همکاریهای بسیاری از افراد باعث انجام اینکار شد. ما مایلیم تشکرات خود را نسبت به کلیه کارکنان پرکار تخت جمشید و مسئولین ارشد سازمان میراث فرهنگی ابراز

داریم. در آخر همچنین مایل هستیم از کمکهای مدیر فنی شرکت تکنو آقای مهندس نورمحمدی نیر سپاسگذاری کنیم.

پروژه در یک نگاه

- تاریخ: ۲۷ تا ۱ مارس ۲۰۰۲
- وسیله: اسکنر لیزر سه بعدی Riegil LMS-Z210 ساخت
- کامپیوتر نت بوک با پردازشگر ۸۰۰ مگاهرتز و ۱۸ گیگابایت حافظه دیسک سخت
- کاخ صد ستون با ۵۷ اسکن با دقت متوسط و ۱۷ اسکن با دقت بالا و مساحت ۱۰۰ در ۱۰۰ متر در مدت ۱۶ ساعت اسکن شد. حجم اطلاعات به ۲۳ گیگا بایت رسید.
- دروازه ملل با ۱۲ اسکن با دقت متوسط و ۱۲ اسکن با دقت بالا و مساحت ۳۰ در ۳۰ متر در مدت ۵ ساعت اسکن شد. حجم اطلاعات به ۵۶۰ مگابایت رسید.
- آرمگاه اردشیر دوم با ۱ اسکن با دقت متوسط و ۲ اسکن با دقت بالا و مساحت ۲۰ در ۱۰ متر در مدت نیم ساعت اسکن شد. حجم اطلاعات برابر با ۵۰ مگابایت بود.

۱- این مقاله تحت عنوان Scanning the History در نشریه معتبر نقشه‌برداری GIM چاپ هلند در شماره May این نشریه آماده چاپ است.