

## برداشت لیزر - فتوگرامتریک ارگ بم

بعد از ویرانی زمین لرزه ( 26.12.2003 , 6.3 در مقیاس ریشتر) در بم، شرکت Riegl اتریش ([www.riegl.com](http://www.riegl.com)) و نماینده ایرانی شرکت NPR ([www.nprco.com](http://www.nprco.com)) نشست را برای برداشت سه بعدی بزرگترین بنای خشتی دنیا، میراث باستانی ارگ بم، با تاریخ بیشتر از ۲۵۰۰ ساله ( دوره هخامنشی ) با استفاده از تلفیق تکنولوژی های لیزر اسکن و فتوگرامتری برد کوتاه تشکیل دادند. مولف انجام مستند سازی سه بعدی این تکنیک را توضیح می دهد و سعی دارد تا اثبات کند که تلفیق این دو تکنیک امری کلیدی و طلائی برای داشتن مدل های سه بعدی، بافت و رنگ واقعی از چنین مکان های باستانی فرهنگی است.

توسط مهدی برومند / مدیر عامل شرکت NPR / ایران، نماینده ایرانی شرکت RIEGL اتریش

خرما ساخته شده است. ترمیم اساسی آن از سال 1953 تا زمان زمین لرزه ادامه داشت. بیشتر از ۷۰٪ ارگ بم ویران شده است ( شکل ۱ ) و البته بعد از کمک های فوری بشردوستانه به مردم و کودکان این

ارگ از طرف اولیاء امور ایران و UNESCO در زمره میراث فرهنگی با ارزش در وضعیت خطر و بحران قرار گرفت. سخنرانی های منظم از همان دقایق اولیه شروع گردید و نشستی توسط مرگز جهانی میراث باستانی ([whc.unesco.org](http://whc.unesco.org)) UNESCO به همراه [www.icomos.org](http://www.icomos.org) کمیته مستند سازی تخصصی ICOMOS/ISPRS و ([cipa.icomos.org](http://cipa.icomos.org)) و ICCROM ([www.iccrom.org](http://www.iccrom.org)) تشکیل گردید تا میزان خرابی را بررسی و طرحی برای احیاء، تحکیم و بازسازی ارائه دهند.

اسکنر های لیزری حاضر لازم است تا با فتوگرامتری برد کوتاه تلفیق شود تا به مدل های سه بعدی با جزئیات عالی دست یابد.

### روش استفاده شده

میدانیم اولین قدم برای طراحی کار، وجود نقشه پایه ای برای تحکیم عوارض نامستحکم و رفع آوارها و خرابی های بوجود آمده می باشد. ( شکل ۲ ). بعد از پاکسازی محل، وجود یک نقشه اجرایی دقیق و نه ساده مثل نقشه های توپوگرافی یا مقاطع عرضی دیوار به دیوار یا تصاویر قائم نیاز می باشد.

دیوار های تاریخی یا مدل کردن دقیق زبری، بافتها، علاوه مطالعات جنس مواد بوسیله اطلاعات رنگی کامل مورد نیاز باستان شناسان و غیره باشد. چنین تجاری از سراسر دنیا، شرکت Riegl را بطرف نظریه جدید ایجاد تلفیق بین روش های اسکن لیزری و فتوگرامتری برد کوتاه راهنمایی نمود. ( ICHO ) سازمان ایرانی در زمینه ترمیم، نگهداری، تحقیقات تاریخی و باستان شناسی، همچنین نقشه برداری و مستند سازی مکانها برای ثبت آنها در لیست میراث دنیا یا در لیست خطر برای توجه و حفاظت بین المللی از آنها به عنوان متعلقات همه ملتها می باشد. در روزهای آخر سال 2003 زلزله وحشتناکی شهر بم را با بیش از ۵۰۰۰۰ تلفات جانی لرزاند، بم در ۱۰۰۰ کیلومتری جنوب تهران، شمال خلیج فارس که بیش از ۲۰۰۰ سال قبل از جاده ابریشم حفاظت می کرده است. تاریخ آن به ۲۵۰۰ سال قبل ( دوره هخامنشیان ) بر می گردد و تماماً از خشتهای گلی رس و حصیر درختان

بعد از ویرانی زمین لرزه ( 26.12.2003 , 6.3 در مقیاس ریشتر) در بم، شرکت Riegl اتریش ([www.riegl.com](http://www.riegl.com)) و نماینده ایرانی، شرکت NPR ([www.nprco.com](http://www.nprco.com)) نشست را برای برداشت سه بعدی بزرگترین بنای خشتی دنیا، میراث باستانی ارگ بم، با قدمت بیش از ۲۵۰۰ سال ( دوره هخامنشی ) با استفاده از تلفیق تکنولوژی های لیزر اسکن و فتوگرامتری برد کوتاه تشکیل دادند.

از مقاله مشابه تخت جمشید / ایران در ژوئن 2002 در مورد اسکن لیزری سه بعدی، مولف از شرکت NPR ([www.nprco.com](http://www.nprco.com)) و شرکت ریگل اتریش به برخی عوامل کلیدی برای رسیدن به بهترین نتایج دست یافتند و کارهای خود را برای مستند سازی سه بعدی مکان های تاریخی در ایران با سازمان میراث فرهنگی ایران ( ICHO ) ادامه داده اند ([www.iranmiras.org](http://www.iranmiras.org)). کاملاً آشکار است که این نقاط نمی تواند به طور کامل جوابگوی خواسته های استخراج خوب عوارض از



شکل ۱: ارگ بم بعد و قبل از زلزله



شکل ۲. Z420 در ارگ بم

## عبارات جدید پیشنهادی :

### لیزر - فتوگرامتری و لیزر - فتواسکنر



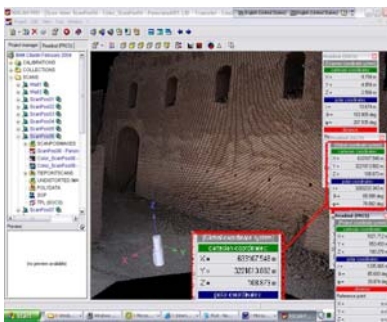
شکل ۳: LMS-Z420

انتظارات اساسی مورد نیاز از کارشناسان ICHO و نتایج باور نکردنی ارائه شده از طرف Riegl/NPR عبارتند از :

- نقشه توپوگرافی رایج قدیمی با مقیاس مطلوب.
- مقاطع عرضی عوارض سه بعدی ویژه بر پایه نقاط مطلوب.
- محاسبات حجم ویرانیها که سطح پایه استخراج شده از عکسهای هوایی قدیمی را در نظر می گیرد.
- عوارض ویژه بر پایه نقشه های برداری اورتوفوتویی شامل خشتها، ترکها، بافتها، زبری و دیگر مشخصات تاریخی در سیستم مختصات سه بعدی UTM.
- باز سازی سه بعدی کلی مدل های هندسی وضعیت موجود عوارض تا کارشناسان را برای انجام مطالعه عمیق چگونگی بازسازی عوارض قادر سازیم.
- فراهم نمودن ابزار عمومی برای اندازه گیری هر فاصله یا مختصات سه بعدی برای استخراج مقاطع محاسبه مساحتها در هر امتداد برای مطالعات مختلف.

- تصویر سازی سه بعدی از تمام مکان ( مساحت : حدود ۲۰,۰۰۰ متر مربع ) به اضافه تهیه محیطهای fly-through
- رسیدن به استانداردهای مستند سازی لازم برای ثبت در لیست خطر میراث جهانی تکمیل :

بعنوان اولین قدم، جایگاه بالای ستون سنگی بزرگ قرار داشت انتخاب شد مشخصاً باید مکانهای اسکن متفاوتی برای پوشش دادن به نقاط سایه و کدر انتخاب گردد. در لیست سفارش، اشاره شده که باید همه نقاط محصول نهایی در سیستم UTM باشد ( شکل ۴ ). ابتدا باید رفلکتورهای ۳۶۰ درجه ای طوری طراحی و قرار داده شوند که دست کم ۴ یا ۵ تا از آنها بطور کامل بین موقعیتهای مجاور دیده شوند و مختصات UTM آنها با گیرنده های دو فرکانسه GPS اندازه گیری شوند و به نقاط GPS نزدیکترین کشور مجاور متصل گردند.



شکل ۴. مختصات جهانی

این کار برای داشتن مختصات جهانی هر رفلکتوری که نقش نقاط گرهی را در ترکیب اسکنهای مجزا بازی می کنند خوب است زیرا لزوم داشتن رفلکتورهای مشترک را رفع می کند و امکان زمین مرجع نمودن مستقیم ابر نقاط اسکن را فراهم می کند.

نشستی بین NPR و RIEGL برای رسیدن به هدف تشکیل شد و آنها روش اخیر را ترجیح دادند.

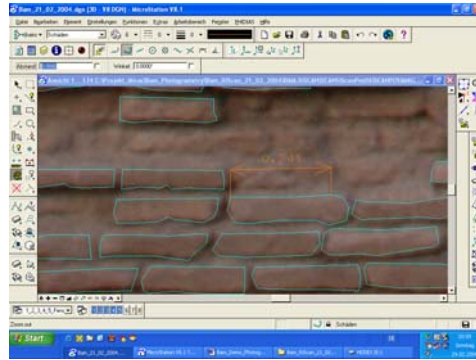
این بار ریگل اسکن لیزری و فتوگرامتری را پیشنهاد داد تا این دو بتوانند نواقص هم را جبران نمایند. یعنی داشتن اطلاعات هندسی زیاد و در ضمن میلیونها نقطه که اسکنر ریگل MS-Z420 فراهم می آورد. ( شکل ۳ ) توسط GPS به UTM برده می شود و برداری کردن عوارض، لبه ها، خشتها و غیره توسط تصاویر با کیفیت با لا که توسط دوربین رقومی ۶ میلیون پیکسلی گرفته می شود. ارتباط ریاضی بین این دو بوسیله کالیبراسیون کامل سخت افزاری در کارخانه انجام می شود. بنابراین سیستم بطور کامل می داند کدام نقطه در ابر نقاط در سیستم مختصات نسبی اسکنر به کدام پیکسل در سیستم مختصات عکسی دوربین مربوط است. بعد از انتقال یا جدا کردن دوربین باید کالیبراسیون دوربین و نصب کنترل شود تا کاملاً کالیبره و صحیح باشد و این کار با روشهای ساده ای در محل می تواند انجام شود. اگر از علوم ژئوماتیک صرف نظر شود این روش را می توان لیزر - فتوگرامتری و دستگاه را اسکنر لیزر- عکس نام نهاد و آن را به فهرست ژئوماتیک اضافه نمود.

ولی اندازه گیری ۸۰ رفلکتور که در محل قرار گرفته وقت گیر خواهد بود. بنابراین گروه برای بهینه سازی کار با داشتن کمترین مختصات نقاط و رفلکتورهای مشترک برای داشتن بیشترین درجه آزادی در مرحله سرشکنی کمترین مربعات، دو روش را ترکیب نمود. رفلکتورهای بیشتر، دقت بیشتر و اطمینان و باقیمانده های کمتر در اتصال نهایی را باعث می شود. بنابراین بعد از بررسی سریع بهترین نقاط برای قراردادن رفلکتورها برای پوشش انتخاب گردید. سپس کالیبراسیون در محل برای اطمینان از دستیابی به بهترین نتایج انجام گردید.

### پردازش بعدی

بعد از جمع آوری داده و اتصال اسکن ها با دقت میلیمتر با نرم افزار RiScan Pro از شرکت ریگل که با ترکیب مختصات جهانی GPS برخی رفلکتورها و تعداد کافی رفلکتورهای مشترک بین همه مکانهای اسکن مجاور بدست آمد یک دیتا بیس واحد شامل ابر نقاط با رنگ واقعی بعلاوه تصاویر توجیه و متصل شده در نرم افزار Riegl که به RisScanPro معروف است موجود می باشد تا برای تولید محصولات خواسته شده نهایی پردازش شوند. از میان نرم افزارهای موجود phidias از شرکت phocad آلمان ([www.phocad.de](http://www.phocad.de)) انتخاب گردید. چون این نرم افزار بهترین محیط و ابزار را برای ورود اینگونه داده های ترکیبی پر از اسکن ها و تصاویر مختلف داراست. در لحظات اول ورود داده ها تعداد زیادی از تصاویر که بطور کامل در سیستم مختصات جهانی توجیه شده، زیبا بنظر می رسد. Phidias یک نرم افزار اضافه شونده است که از میکرو استیشن به عنوان محیط CAD استفاده می کند.

بنابراین می تواند از ابزار CAD و امکانات ویژه آن برای تعریف صفحه کار یا نقاط سیستم مختصات خطی یا غیر خطی برای داشتن فضای کاری دو بعدی برای استخراج عوارض برای نقشه های دویاسه بعدی برداری سازی سه بعدی مستقیم در فضای سه بعدی استفاده نماید. (شکل ۵)



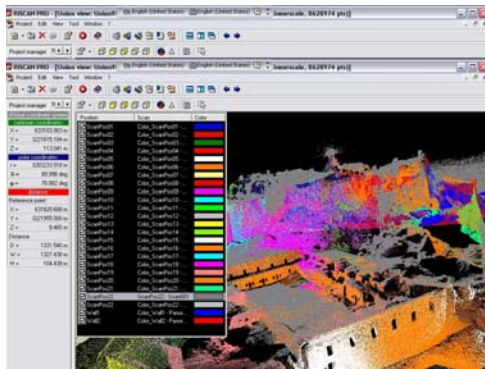
شکل ۵: ترسیم بردارها بروی عوارض و لبه ها

### ملاحظات نهایی

با وجود این حقیقت که بهترین و جدیدترین لیزر اسکنر ها دارای همگرایی اشعه نازک هستند (۰/۲ میلی رادیان) و اینکه تعادل خوبی بین دو متضاد همیشگی (فاصله و دقت) در LMS-Z20i استفاده شده با فاصله یابی تا ۱۰۰۰ متر و دقت 12mm با اندازه گیری ساده و بهبود آن تا 5mm بوسیله تکرار وجود دارد اما برخی از کارها که تنها به دقت جزئیات زیاد زیر میلیمتر برای شناسائی و ترسیم لبه ها به عنوان عوارض یا خطوط شکست برای بهبود DEM در مکانهای بزرگ نیاز دارد فتوگرامتری برد نزدیک می تواند نقشی حیاتی برای پر نمودن این جای خالی پر نماید و در واقع این دو روشهای مکمل هم هستند.

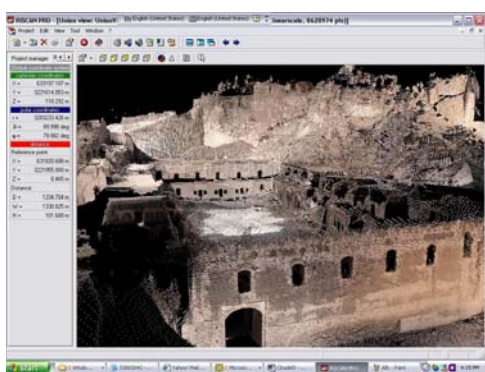
### تقدیر

مولف، از کارشناسان ICHO و مؤلفان بویژه آقای طالبیان که ما را برای رسیدن به بهترین نتایج یاری دادند، و نیز شرکت رایان نقشه که تیم نقشه برداری و GPS را فراهم نمودند، آقای مجید نورا... دو ست از شرکت NPR بخاطر سرپرستی نقشه برداران، آقای Studnika و خانم Ursula Riegl از شرکت Riegl اتریش، آقای دیلمی پور از شرکت NPR بخاطر پردازش داده ها و دیگر کارکنان ICHO که ما را در این امر یاری نمودند؛ تشکر و قدر دانی نماید.



شکل ۶: اسکنهای مختلف با رنگهای متفاوت در نرم افزار

### RiScanPro



شکل ۷: ابر نقاط سه بعدی با رنگ طبیعی در سیستم

### مختصات UTM



با تشکر  
مهدی برومند / مدیر عامل  
دی ماه ۱۳۸۲