اسکن لیزر
دریچه‌ای نوین به سوی نقشه‌برداری مدرن

■ مهندس احمد بزرگی راد
مهندسین مشاور زیزمان

مهندس مشاور

مصریان نخستین کسانی بودند که مشاهدات خود را از سطح زمین پس از اندازه گیری به صورت نقشه، ماندگار و قابل دسترسی کرده‌اند. این نقشه برداری برای نخستین بار ۲ هزار سال قبل از میلاد در زمان رامسس دوم برای تعیین حدود اراضی کشاورزی سواحل نیل انجام شد.

ایرانیان و چینی ها نیز در جنگ‌ها برای حفظ حدود و ثغور مرزها و شناسایی مناطق حمله و اردوگاه‌ها نقشه تهیه می‌کردند. بعد از رنسانس، در قرن شانزدهم، کارتوگرافی در اروپا شکل گرفت و نخستین نقشه های جدید از سوی «مرکاتور» هلندی برکاغذ نقش بست و عنوان اطلس یافت و نام او به عنوان "پدر کارتوگرافی" ثبت شد.

نخستین کارتوگراف ایران نیز "میرزا جعفر" بود که برای فراگیری علوم جدید به اروپا رفت و بعد از بازگشت "مهندس باشی" لقب گرفت و در تعیین مرزهای ایران و عثمانی نقش آفرینی کرد.

اکنون در روزگار دیجیتال، نقشه برداری وارد دنیای جدید و بسیار دقیقی شده است و با اسکن لیزر، جهان نقشه‌برداری وارد دنیای نوین دیگری شده و امکان جمع آوری، پردازش و نگهداری اطلاعات را به مراتب بالاتر برده و علاوه بر دقت فراوان، پایین آوردن هزینه ها و کوتاه کردن این فرآیند را به ارمغان آورده است.

این نوشته از نظرتان می گذرد:

چکیده

مدت زمانی است که فناوری اطلاعات به سرعت در بین تمامی عرصه‌ها و رشته‌ها و حرفه‌های مختلف نفوذ کرده است. در سال‌های اخیر این موضوع رشد بیشتری نموده به طوری که حتی در برخی موارد حد و مرز وظایف بین علوم و فنون مختلف با فناوری اطلاعات[۱] به سختی قابل تشخیص است و گاهی تداخل وظایف پیش آمده باعث بروز مشکلاتی در این خصوص می‌گردد. رشته مهندسی نقشه برداری با تمام گرایش‌های آن (ژئودزی[۲]، فتوگرامتری[۳]، کارتوگرافی[۴]، هیدروگرافی[۵]، GIS[۶] و ...) نیز از این امر مستثنی نبوده و به کارگیری فناوری اطلاعات به عنوان ابزار دقیق، از یک سو دقت، سرعت، و اطمینان از جمع آوری و پردازش و نگهداری اطلاعات را بالا برده و از سوی دیگر، باعث پیدایش دستگاه‌های مدرن و روش‌های جدید و نهایتاً ایجاد تنوع و گشایش دریچه ای نوین به روی این رشته شده است، که تشکیل مثلث طلایی (دقت، هزینه، زمان) در اجرای پروژه‌ها به مراتب آسان‌تر خواهد بود.

واژگان کلیدی

لیزر[۷]، اسکن[۸]، As-built[۹]، ابر نقاط[۱۰]، ترکیب[۱۱]، تارگت[۱۲]، DTM[۱۳]، EDM[۱۴]، GPS[۱۵].

پیش‌گفتار

پایه اصول مهندسی نقشه برداری بر مبنای اندازه‌گیری طول و زاویه است. بدین معنی که طول و زاویه دو رکن اصلی در این حرفه‌اند. هر ابزار و دستگاه جدیدی که وارد عرصه این رشته شده و در واقع نتیجه توسعه علوم و فنون الکترونیک و رایانه و نفوذ آنها در نقشه برداری بوده، صرفاً با تغییر روش انجام مشاهدات باعث کاهش زمان، افزایش دقت مشاهدات و تا حدودی نیز باعث متعادل نمودن هزینه‌ها شده است. اما با تغییر روش‌ها، ضمن به کارگیری ابزار مدرن، در اصول کار تغییری حاصل نشده است و نخواهد شد.

سیر تدریجی ورود تجهیزات به حرفه نقشه‌برداری عبارت است از: سه پایه، دوربین‌های اپتیکی، دیستومات‌ها، توتال استیشن‌ها، GPS، تصاویر ماهواره ای و در نهایت تکنولوژی لیزر، که البته هر کدام با ورود خود باعث تحول و انقلابی در این رشته شده‌اند. اما در مورد لیزر که اخیراً با ورود خود به بسیاری از رشته‌های فنی و حتی پزشکی، باعث دگرگونی اساسی در آنها شده است، منظور برانگیختن و تقویت کردن پرتوهای خاصی است که منابع آنها عناصر و یا کانی‌هایی نظیر کربن، یاقوت و... است. این پرتوها دارای واگرایی کمتری هستند و برخلاف نور مرئی که از ۷ طیف تشکیل شده، تک رنگ و یک طیفی بوده و برای امتداد دهی در کارهای مختلف عمرانی بسیار مناسب‌اند. لیزر ابتدا در فاصله‌یاب‌های الکترونیکی (EDM) برای بالا بردن میزان دقت امتداددهی و اندازه‌گیری دقیق طول‌های بلند مورد استفاده قرار گرفت و سپس مترهای لیزری با وزنی کم و قیمتی مناسب برای اندازه‌گیری طول‌های کوتاه و در محیط‌های بسته ساختمانی تولید شدند. در این بین نباید از کاربرد لیزر در ماهواره برای اندازه‌گیری طول‌های بلند و استفاده از لیزرهای با توان و برد بالا (حدود ۲۰ هزارکیلومتر) غافل شد.

به کارگیری لیزر در دستگاه‌های "توتال استیشن" که اندازه‌گیری هم‌زمان طول و زاویه را انجام می‌دهند، با استفاده از نرم افزارهای مختلف باعث سهولت فراوان در برداشت و پیاده نمودن عوارض شد. از دیگر تأثیرات مهم لیزر در حیطه مهندسی نقشه‌برداری، استفاده از آن در تهیه مدل رقومی زمین (یا DTM) است.

تمامی کسانی که با نقشه‌برداری سر و کار دارند، به این نکته اذعان دارند که نمایش بعد سوم زمین (Z) که اهمیت زیادی هم در بسیاری از پروژه های نقشه برداری دارد، روی

1- Information technology (IT)
2- Geodesy
3-Photogrammetry
4- Cartography
5- Hydrography
6- Geographic Information System (GIS)
7- Laser
8- Scan
۹- تهیه نقشه از وضع موجود
10- Point Cloud
11- Merge
12- Target
13- Digital Terrain Model
14- Electronic Distance Meter
15- Global Positioning System

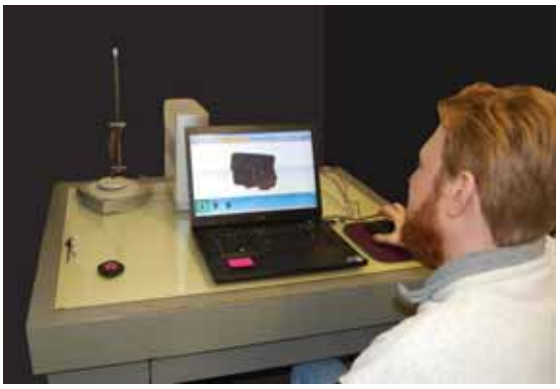
کاغذ کاری مشکل است. در این بین مهندسان نقشه‌بردار دست اندرکار برای نمایش ارتفاعات سعی داشته‌اند از روش‌هایی مانند هاشورزدن، منحنی میزان، اعداد ارتفاعی، سایه روشن و... استفاده کنند. با به کارگیری "اسکن لیزر ۳ بعدی"، می‌توان ضمن برداشت مستقیم نقاط به مدل ۳ بعدی رقومی زمین دست یافت. روش کار به این صورت است که اشعه لیزر تحت زاویه خاصی به سمت سطح منطقه مورد نظر ارسال می‌گردد، تعداد پرتوهای برگشتی که در واقع همان تعداد نقاط ثبت شده‌اند، آن قدر زیاد است که پس از تخلیه دستگاه و نمایش در محیط نرم افزاری مناسب، در واقع ابری از نقاط را به نمایش می‌گذارد.

دستگاه‌های اسکن لیزر ۳ بعدی به طور کلی دارای ۲ نوع هوایی و زمینی‌اند. اسکن لیزر هوایی دارای ۳ عنصر اصلی است: IMU، GPS، و Laser scanner.

GPS برای ثبت تعیین موقعیت محل هواپیما، IMU زاویه حرکت هواپیما با نقطه زمینی، و فاصله یاب لیزری نیز برای اندازه‌گیری فاصله بین هواپیما و نقطه زمینی به کار می‌روند.

در اسکن لیزر زمینی دستگاه روی سه پایه نصب می شود و با چرخش ۳۶۰ درجه به صورت استوانه‌ای اطلاعات را برداشت می‌کند. با توجه به طول موج لیزر و پس از برخورد اشعه به منطقه مورد نظر، میزان سیگنال برگشتی مشخص می‌گردد که به طور مثال برای سطوح سیاه و سفید متفاوت خواهد بود. لیزر اسکن در واقع به ما کمک می‌کند که مختصات عوارض را به دقت اندازه گیری کرده و با اطلاعات کامل‌تری علاوه بر موقعیت آنها، بتوانیم در مورد نوع عوارض نیز اظهار نظر کنیم. سرعت برداشت اسکن لیزر بسیار بالاست و ممکن است به حدود بیش از ۳۰ هزار نقطه در ثانیه برسد. لازم به ذکر است که دقت دستگاه‌ها بر اساس فاصله نقاط سنجیده می‌شود و به طور معمول حدود ۲ سانتی متر تا ۲ میلی متر است که به همراه قدرت تفکیک، عامل مهمی در تعیین ارزش ریالی نیز هست.

هدف از طراحی و ساخت دستگاه‌های اسکنر لیزر ۳ بعـدی، تهیه مدل ۳ بعدی از هر موقعیت با صرف حداقل زمان و هزینه و رسیدن به حداکثر دقت و تراکم نقاط است. بدین منظور دستگاه های فوق به گونه ای طراحی شده انـد که با کمترین دخالت عوامل انسانی بتوانند این عملیات را انجام دهند. لیزر اسکن ۳ بعدی در واقع نوع پیشرفته‌ای از روش بازرسی فنی و اندازه‌گیری است که در واحدهای صنعتی، تأسیسات و سازه‌ها برای اندازه‌گیری ابعاد و فواصل آنها با دقت، سرعت و جامعیت بی‌نظیر و از راه دور، استفاده می‌شود. روش کار دستگاه های اسکنر ۳ بعـدی کاملاً مشابـه



دستگاه‌های تـــوتال استیشن لیزری است، با این تفاوت که عملیات برداشت به صورت خودکار انجام می‌شود. این دستگاه‌ها دارای ۲ مـحور دورانی‌اند کـه در ۲ جهت افـقی و قـائم دوران می‌کنند و می‌توانند به کل محدوده پوشش دستگاه (با توجه به ساختار دستگاه) دیـد داشته باشند. دستـگاه با دوران حول این ۲ محور در زوایای مختلف فضا توجیه می‌شود و در هر زاویه‌ای به کمک لیزر فاصله را اندازه‌گیری می‌کند. برداشت نقاط در این دستگاه‌ها با تنظیمات زاویـــه چرخش دستگاه و یا تنظیم فاصلـــه نقاط انجام می‌شود و دستگاه با دوران طبق این تنظیمات، نقاط را برداشت می‌کند. با توجه به مشخص بـــودن زوایای افقی و قائـــم دستگاه نسبت به محورهای مختصات داخلی و اندازه‌گیری فاصله تـــوسط لیزر، مختصات هر نقطه توسط دستگاه (یا کامپیوتر متصل به آن) محاسبه می‌شود. بنابراین می‌توان بلافاصله پس از اندازه‌گیری، حجم عظیمی از اطلاعات را به صورت "ابرنقاط" سه بعدی ایجاد کرد. برای تولید یک مدل ۳ بعدی کامل از شیء مورد نظر باید عملیات برداشت اطلاعات (اسکن) از زوایا و یا به اصطلاح از ایستگاه‌های مختلفی صورت گیرد. در نهایت چند دسته "ابر نقاط" خواهیم داشت که باید با هم ترکیب شوند و مدل را کامل کنند. عمل ترکیب شدن "ابر نقاط" توسط تارگت‌های مشترک بین ۲ یا چند دستگاه انجام می‌شود.

یکپارچه سازی و ویرایش[1] اطلاعات حاصل از اسکن لیزر

پس از تکمیل عملیات برداشت مجموعه ای از "ابرهای نقاط" بـه صورت منفرد به دست می آید که لازم است برای داشتن "ابرنقاط" یکپارچه از کل یک بنا، این "ابرهای نقاط" با یکدیگر تلفیق شوند. برای تلفیق دو بـــه دوی "ابرهای نقاط" یکی از آنها بـــه عنوان پایـــه در نظر گرفته شده و "ابر نقاط" سایراستقرارها به آن متصل می‌شوند. اتصال ۲ "ابر نقطه "به یکدیگر بدون نیاز به اطلاعات تکمیلی (مانند مختصات ۲ استقـرار) قابـل انجام است و صرفاً داشتن حداقل ۳ نقطـــه مشترک (روی عـــوارض برداشت شده یا تارگت‌گذاری) قابل انجام است. بـــه عبارتی سیستم مختصات ابر نقطـــه مبنا به عنوان سیستم مختصات مبنا انتخاب می‌شود و دومین "ابر نقطه" با نقاط مشترک بـــه سیستم مختصات "ابرنقاط" مبنا برده می شود. این فراینـــد با توجه به قابلیت نرم افزار مـــورد استفاده می توانـــد برای ۲ یا چند "ابر نقطـــه" مختلف به طور همـزمان انجـام پذیرد. همچنین در صورتی که مـــوقعیت استقرارها در یک سیستـــم مختصات مشخص باشد، می‌توان بدون نقاط مشترک برداشت شده نیز یکپارچه سازی را انجام داد.

پس از تلفیق، اطلاعات باید ویرایش شوند. ویرایش دارای دو بخش عمده است: حذف اطلاعات اضافـه و انتقال اطلاعات به سیستم مختصات مورد نیاز. در برداشت عوارض توسط دستگاه لیزر اسکنر با توجه به برداشت اتـــوماتیـــک نقاط تقریباً در تمامی برداشت ها اطلاعات اضافه نیز برداشت می‌شوند که علاوه بر افـــزایش حجم داده‌ها، در مـــواردی ممکن است باعث ایجاد خطا در زمان ساخت سطوح گردند. بدین معنی که بعد از اتمام کار اسکن ابری از نقاط خواهیـــم داشت که در آن علاوه برسوژه اصلی[2] مجموعه‌ای از عوارض طبیعی و مصنوعی دیگر (همه نوع عارضه‌ای که در آن محدوده وجود دارد حتی اشعه خورشید) هم موجود است که باید با ویرایش حذف شود. متأسفانه اطلاعات خام به دلیل شلوغی و به اصطلاح "کثیفی محدوده"، حتی نمای شماتیک خوبی هم به ما نمی دهد. پس داده[3] خام بدون ویرایش کلاً

1- Edit 2- Object 3-Data

قابل استفاده نخواهد بود. بنابراین لازم است قبل از هرگونه پردازشی روی داده ها، این نقاط اضافه حذف شوند. با توجه به این که برداشت در سیستم مختصات داخلی دستگاه انجام می شود، در مرحله ویرایش اطلاعات باید در تبدیل سیستم مختصات طبقه بندی شود. برای این کار نیازی به دانستن مختصات ایستگاه های برداشت وجود ندارد و حداقل با دانستن مختصات تعدادی از نقاط (حداقل ۲ نقطه) عمل تبدیل سیستم مختصات انجام می گردد.

بعد از وارد کردن "ابر نقاط" و تصاویر به داخل نرم افزار، رویه ای ۳ بعدی روی نقاط لیزری، که با تصویر تلفیق شده‌اند پردازش می‌شود، سپس با حرکت ماوس می‌توان بردارهای ۳ بعدی روی تصویر ترسیم کرد. در واقع ماوس روی تصویر حرکت نمی‌کند بلکه روی رویه پردازش شده بر نقاط لیزری حرکت می‌کند. با توجه به این که نقاط، توسط لیزر اسکنر به صورت نامنظم برداشت می شوند، تشخیص لبه اجسام صرفاً از طریق نقاط لیزری امکان پذیر نیست، ولی با تلفیق عکس به راحتی می‌توان لبه‌ها را نیز ترسیم کرد. با نصب تارگت، نماینده‌ای دقیق از تجمع ابرنقاط در هر نقطه خواهیم داشت که به ما کمک می‌کند تا ابرهای نقاط بر یکدیگر منطبق شوند.

پیمایش مسطحاتی و ارتفاعی نیز بستگی به طبیعت پروژه دارد؛ در پروژه هایی که دقت ارتفاعی از دقت اسمی دستگاه بیشتر است نیاز به پیمایش ارتفاعی است.

خروجی های لیزر اسکن ممکن است به یکی از شکل‌های زیر باشد:

ابر نقاط، عکس متحرک، نقشه ۳ بعدی، پروفیل طولی و عرضی یا خروجی های جانبی کریستال، نقشه برجسته، ماکت، مجسمه لاستیکی و ....

کاربردها، فواید، مزایا

همان طور که گفته شد، تعداد نقاط ثبت شده در اسکن لیزر بسیار زیاد بوده و مدل ۳ بعدی تشکیل شده دارای جزئیات فراوانی است. از این رو، برای مطالعات بسیار دقیق و سریع نظیر طراحی سازه های مختلف مانند پل ها و مسیر راه‌ها و ... مناسب است. با استفاده از تصاویر ۳ بعدی حاصل از این فناوری می توان بدون حضور فیزیکی در منطقه بررسی های لازم را در باره به طور مثال کنترل ترافیک و اتخاذ تصمیمات لازمه برای حل آن انجام داد. یکی از کاربردهای دیگر و مهم اسکن لیزر فتوگرامتری بردکوتاه[1] در زمینه تولید مدل ۳ بعدی سازه های میراث فرهنگی و ترمیم و احیای آثار باستانی و ابنیه تاریخی است. برای این منظور با برداشت میلیونی و ۳ بعدی نقاط سازه مورد نظر به صورت "ابر نقاط" و پیمودن (scan) سطح آن و ذخیره نقاط و پردازش آنها قادر خواهیم بود تا در صورت تخریب احتمالی موضعی به مرور زمان و یا تخریب کلی در اثر حوادث طبیعی نظیر زلزله و... مجدداً آن را با دقت زیاد و دقیقاً به همان شکل قبلی ترمیم یا بازسازی کنیم. که این البته برای آثار باستانی بسیار مناسب

و مورد توجه متولیان میراث فرهنگی به جهت حفظ فرهنگ غنی و کهن کشورمان است. از دیگر مزایای منحصر بفرد این سیستم ها، امکان کار در شب و تاریکی مطلق است.

این روش برای تهیه مدل ۳ بعدی سازه‌های در دست احداث، بناهای مرتفع و غیر قابل دسترس (مانند مناره‌ها، مساجد و برج‌ها) تونل‌ها و غارهای طبیعی که پیمایش در آنها با سختی انجام می‌شود و نیز در محدوده های باستانی به خوبی کاربرد دارد. قابل ذکر است که دستگاه اسکن لیزر کاربرد صنعتی هم دارد. مثلاً در تهیه مدل ۳ بعدی پالایشگاه‌ها بسیار می تواند مثمر ثمر باشد و نیز از آنجایی

1- Close Range

که خـروجی دستگاه به صورت بـرداری است و انـدازه‌ها و ابعاد قابـل اعتمادند، می‌تـوان از اسکن لیزر برای پایش و تهیه نقشه as-built خط تـولید در کارخانجات صنعتی بهره برد.

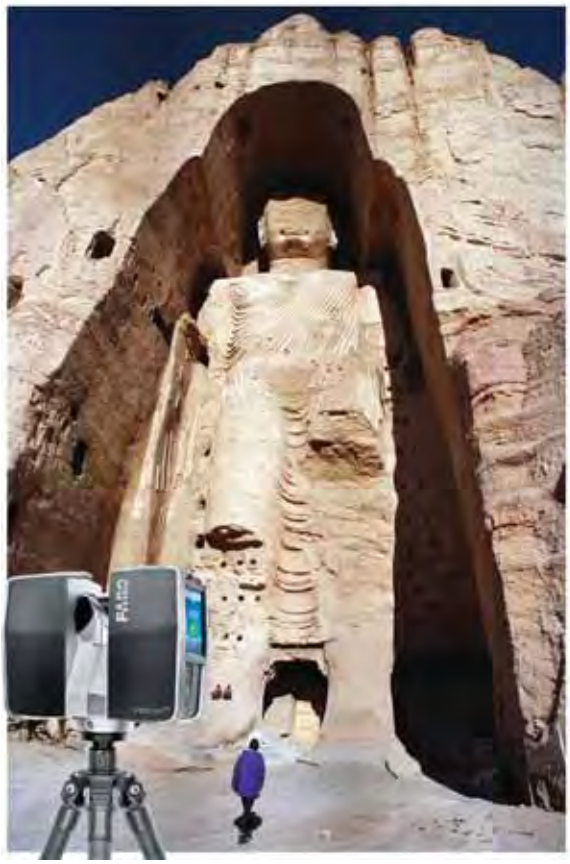
گاهی اوقات برای تهیه نقشه هیچ راه حل دیگری بجز استفاده از اسکنر فتولیزری وجود ندارد. از کاربرد های این سیستم علاوه بر موارد یادشده، می‌توان از تـهیه نقشـه توپوگرافی ازصخره های غیر قابـل دسترس جهت مطالعات دقیق ساختار و رفتار سنجی سدها، مهندسی معکـوس سازه‌های بـزرگ، مستندنگاری صحنه تصادفات و مواردی از این دست نام برد.

دیگر کاربردهای متفرقه اسکن لیزر

- ارزیابی شرایط درختان و تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی.
- برداشت و ضبط اطلاعات سه بعدی با چگالی بالا از سازه‌های بزرگ مانند سکوهای دریایی، کشتی‌ها، کارخانه‌ها، زمین ها، ساختمان ها و پل ها گرفته تا موضوعات کوچک مانند اجزای مکانیکی و قطعات یدکی.
- تهیه مدل گرافیکی از سوژه به کمک اطلاعات دقیق جمع آوری شده توسط اسکنرهای برد بلند و برد کوتاه توسط مهندسان و طراحان.
- بازرسی و اندازه گیری و مهندسی معکوس با استفاده از صدها هزار نقطه برداشت شده توسط این دستگاه با پردازشی اولیه.
- ساخت مدل ۳ بعدی از سازه های موجود و تهیه نقشه و اسناد برای سازه‌های گوناگون آن گونه که هستند، چه از طریق ترسیم اشکال سه بعدی و چه مستقیماً از طریق ابر نقاط.
- نصب نشانه‌ای به عنوان مبنا روی سازه موجود به منظور تعیین و آشکار سازی هرگونه تغییرات سازه‌ای که ممکن است بر اثر بار بسیار زیاد، تغییرات دما ، زمین لرزه، ضربات وارده حاصل از وسایل نقلیه و یا آتش سوزی در سازه به وجود بیاید .
- ایجاد نقشه های هوشمندGIS برای تحقیق، تحلیل و نشان دادن آنی اطلاعات تا کاربر بتواند اطلاعات را بلافاصله به لحاظ موقعیت، اندازه و دسترسی محلی دقیق و آسان تفسیر کند.
- بررسی و تهیه نقشه کارگاهی جهت تعمیر قطعه ای از سازه، زمانی که دسترسی به محل مورد نظر به شدت سخت و غیرعملی است.
- نقشه برداری جاده ای برای تحلیل پروژه و مشکلات آن و بازدید و نظارت بر جاده‌ها بدون مسدود کردن آنها.
- ارزیابی و نظارت سطوح شیب دار و دیواره های محافظ.
- تهیه نقشه از سکوها، گذرگاه های زیرزمینی، اسکله‌ها، تکیه‌گاه‌ها، کلاهک ها، نرده‌ها واجزای سازه ای آن گونه که موجودند.
- تهیه نقـشه as-built کارخـانه هـای صنعتی کشتی سازی، هواپیما سازی، تأسیسات عظیم پتروشیمی، نفت، گاز....
- اجرا و کنترل سازه ای پروژه های عمرانی از جمله پل، سد و تونل و نیز سازه های مختلف دریایی.
- مطالعه دقیق روی تمام انواع کتیبه‌ها و مستندسازی تاریخی از ابنیه باستانی و سایر کاربردهای میراث فرهنگی برای تشخیص ترک و از هم پاشیدگی این اشیاء به صورت دقیق.
- برداشت نقشه های توپوگرافی و عوارض شهری با جزییات زیاد .
- کاربرد در معادن به منظور پایش معادن رو باز.
- انجام پروژه‌های عظیم راه و ترابری اعم از راه آهن، پل، اتوبان .
- هدایت و برداشت زیرزمینی تونل های آب و شهری (مترو) با دقت های میلیمتری ،پایش و تمامی انواع ابنیه به هر شکل و جنس.

دقت

دقت اسکن لیزر در دو بخش مجزا قابل بررسی است:



- دقت دستگاهی: منظور از دقت دستگاهی، میزان دقت تعریف شده در دستگاه اسکن لیزر پیش از برداشت عارضــه است. این دقت تا ۵۰هزار نقطه برثانیه در دستگاه اسکنر قابل تنظیم است. "ابرنقاط" برداشت شده با این دقت فواصل ۱ میلی متری دارند.

هرچه دقت تنظیم شده دستگاه بالاتر باشد، سوژه مورد نظر بهتر اسکن می‌شود. بــه این معنی که فاصلــه نقاط در ابر نقطه از هم کمتر می شود و در نتیجه تراکم "ابرنقاط" بالاتر خواهد بود که حاصل آن ایجاد مدل ۳ بعدی کامل تر و با وضوح بیشتری است که استخراج اطلاعات از آن بهتر و با درصد اطمینان بالاتری صورت خواهد گرفت.

- دقت registration و ویرایش: اعمال این دقت در محیط کار دفتری و روی اطلاعات خام انجام می شود. نتیجه مطلوب در این قسمت بــه مهارت و دقت به کار رفتــه در ویرایش "ابرنقاط" بستــگی دارد. اگر دستگاهی با دقت خوب "ابرنقاط" تهیــه کرده باشد، ولی پردازش بدون صرف زمان و دقت کافی صورت گیرد، خروجی دقیق و مطلوب نخواهیم داشت.

محدودیت‌ها و مشکلات

- لزوم رعایت نکات ایمنی در هنگام استفاده از دستگاه لیزر اسکن به جهت استفاده از کلاس ۳ و امکان خطرات احتمالی برای افرادی که در میدان دید دستگاه هستند.
- ایجـاد مشکل در منـاطقی که تغییرات ارتفـاع شدید داشته و در معرض میدان دید مستقیم دستگاه قرار نمی‌گیرند (مناطق تپه ماهور).
- نداشتن توجیه اقتصادی برای استفاده از دستگاه به لحاظ هزینه بالای آن دربرخی پروژه های خاص.
- مشکل تـأمین انـرژی در شـرایطی که به بـرق شهر دسترسی نداشته باشیم.

- محدودیت شدت گرمای هوا.
- عدم آشنایی کارفرمایان با فناوری و کاربردهای دستگاه.

نتیجه

با توجه به آنچه در این نوشتار از نظرتان گذشت، ذکر چند نکته ضروری به نظر می‌رسد که در واقع می‌تواند به عنوان نتایج حاصل از مطالب بیان شده مورد توجه باشد. فناوری اطلاعات هر روز به نحوی وارد رشته های مختلف شده و باعث ایجاد تغییرات و تحولاتی در آنها می‌گردد و در این بین رشته نقشه برداری نیز از این امر مستثنی نبوده و نه تنها باید در برابر ورود فناوری مقاومت نکرد، بلکه باید آن‌را به فال نیک گرفت و از فرصت به دست آمده نهایت استفاده را برد. چرا که مقاومت در شرایط کنونی، این رشته از مهندسی را محکوم به فنا می‌کند. باید موضوع را مدیریت کرد و از نابودی حرفه جلوگیری به عمل آورد. باید در دانشگاه ها دانشجویان را با این دریچه‌های نوین که در دنیای حرفه‌ای نقشه‌برداری ایجاد می شود، آشنا کرد. باید برای حفظ شأن و جایگاه حرفه‌ای رشته از ورود فناوری‌های جدید نظیر: GPS، اسکن لیزر، GIS، RS و... به حرفه استقبال و بینش مهندسان مشاور و کاربران را از محدود شدن رشته تنها به دوربین و سه پایه پاک کرد. در این بین باید حواس‌مان باشد که کلیدی باشیم نه ابزاری، باید مدیر پروژه باشیم و تحلیل‌گر اطلاعات نه اینکه تمام هم و غم ما صرف جمع آوری اطلاعات دقیق شود و در ادامه تصمیم گیری‌ها کنار گذاشته شویم.

به امید آن روز.

برگرفته ها

1- “As –Built & Quanta- Point-Prism 3D Quanta Cad 9.0”, Laser Scan Data Software, Release 2009.
2- “Terrestrial Laser Scanning For Deformat in Monitoring of The Thermal , Pipeline , Traversed Subway Tunnel”. Engineering / D.W. Qui*, J.G.WU-2008.
3- “Laser Scanning Service & What Is Laser Scanning & Highway Engineering” / 2007.
4- “3D – Risk Mapping Preparing Learning Material On The- Use Of Laser Scanning For Risk Assesment Of Public Infrastructure” / Thomas Weinold & Erwin Heine /2007.
5- “Real –Time Global Localization With a Pre – Built Visual Landmark Database”, In Proc Cvpr R. Kumar & H.S. Sawney/ 2008.
6- “High-Definition Surveying. 3D Laser Scanning Use In Transportation” / Professional Surveyor Magazine /2005 /By Jeof Jacob.