

کاربرد اسکنر فتولیزری در نقشه برداری صنعتی

نویسندگان:

مدیرعامل شرکت نماپرداز رایانه (NPR)

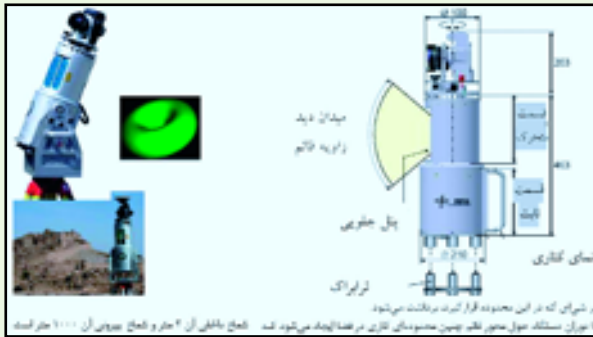
boroumand@nprco.com

مدیر فنی شرکت نماپرداز رایانه (NPR)

support@nprco.com

مهندس مهدی برومند

مهندس مجید نورالله دوست



شکل ۱

چکیده

اسکنر فتولیزری یکی از دستگاه‌های نو ظهور در زمینه نقشه برداری است که با حضور غافلگیرانه خود راه‌حلهای زیادی را برای انجام طرح‌های مختلف در اختیار استفاده‌کنندگان قرار داده است. حتی شاید گاهی اوقات بجز استفاده از اسکنر فتولیزری هیچ راه‌حل دیگری برای تهیه یک نقشه وجود نداشته باشد. به عنوان نمونه، در مورد کاربردهای اسکنر فتولیزری می‌توان از مستندسازی بناها و اشیای تاریخی، تهیه نقشه‌های وضع موجود (As-built) از پالایشگاهها و مراکز صنعتی، تهیه نقشه توپوگرافی از صخره‌های غیر قابل دسترس برای مطالعات ساختگاه سدها، مهندسی معکوس سازه‌های بزرگ و مستندنگاری صحنه تصادفات و جرم نام برد.

کاربرد اسکنر فتولیزری در زمینه صنعت

یکی از کاربردهای اسکنر فتولیزری، تهیه نقشه وضع موجود (As-Built) از مراکز صنعتی نظیر پالایشگاهها و همچنین قطعات صنعتی است که عموماً برای طراحی انواع تغییرات (Modification) از قبیل نصب کوره‌ها و قطعات دیگر از این نقشه استفاده می‌شود. البته روشهای دیگری نیز نظیر فتوگرامتری بدون لیزر، ویدئوگرامتری و هازمپ (HASMAP) برای انجام این کار وجود دارد که در مقایسه با توانایی اسکنر فتولیزری و فتوگرامتری برد کوتاه از سرعت و دقت پایین‌تر و هزینه بیشتری برخوردار هستند.

همچنین با استفاده از اسکنر فتولیزری و فتوگرامتری برد کوتاه، می‌توان در مدت زمان کوتاهی اطلاعات مربوط به

مقدمه

اسکنر فتولیزری در واقع یک توتال استیشن روباتیک است که به همراه دوربین فتوگرامتری برد کوتاه می‌تواند بدون نیاز به رفلکتور، با سرعتی بالا و باور نکردنی نقاط محیط اطراف خود را برداشت نموده و توسط رایانه هدایت شود. مدل Z420i آخرین نمونه تولید شده توسط شرکت ریگل اتریس است. از خصوصیات منحصر به فرد این اسکنر دقت ۵ میلی‌متر در برد ۱۰۰۰ متر و امکان نقشه برداری دقیق است و به همین دلیل در بیشتر زمینه‌های تهیه نقشه کاربرد دارد.

مشخصات فنی Z420i

۱۰۰۰ متر (هزار متر)	برد فاصله‌یابی بدون استفاده از رفلکتور
۱۲۰۰۰ (دوازده هزار) نقطه در ثانیه	سرعت اندازه‌گیری نقاط
۱۰mm و قابل افزایش تا ۵ mm با تکرار اسکنها	دقت اندازه‌گیری طول
از طریق TCP/IP, RS232C و USB	انتقال اطلاعات و تصاویر
به صورت Online همزمان با برداشت نقاط	نحوه تخلیه اطلاعات
کلاس C1 (کاملاً امن برای چشم)	کلاس لیزر مورد استفاده
۲ متر	کمترین فاصله اندازه‌گیری
دوران ۳۶۰ درجه در صفحه افق حول محور قائم و ۸۰ درجه در صفحه قائم که با چرخش حول محور افق دستگاه می‌توان پوشش ۳۶۰ درجه قائم را نیز تامین نماییم.	زاویه میدان دید
مادون قرمز نزدیک	طول موج لیزر
12-28V DC; 5.6 A (باتری اتومبیل)	منبع تغذیه
در حین انجام کار 0→40°C و هنگام نگهداری 50°C→-10	محدوده دما
۱۴/۵ کیلوگرم	وزن دستگاه
463mm × 210mm	ابعاد

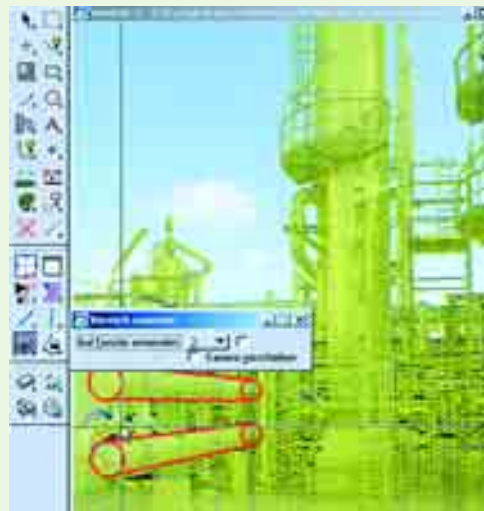
قابلیتهای دیگر

قابلیت تلفیق فتوگرامتری برد کوتاه با ابر نقاط لیزری

امکان اتصال به GPS به منظور زمین‌مرجع نمودن آنی نقاط

تلفیق اسکنهای مختلف از ایستگاههای مختلف بلافاصله بعد از برداشت نقاط به صورت خودکار

برداشت نقاط با رنگ و بافت طبیعی از سطوح



شکل ۲. نقاط برداشت شده توسط اسکنر فتولیزری به همراه تصویر اخذ شده توسط دوربین موجود در بالای اسکنر که نسبت به هم توجیه شده‌اند

نقشی اساسی ایفاء می‌نمایند، استفاده از تصویر برای استخراج آنها لازم و ضروری است.

ترسیم خطوط، اشکال هندسی دوبعدی و سه‌بعدی با در دست داشتن نقاط به‌همراه تصویر بسیار ساده است و تمامی عملیات ترسیم بر روی تک عکس انجام می‌شود. شایان ذکر است که الزامی به متریک بودن دوربین نصب شده روی اسکنر نیست. نقاط لیزری در طرحهای توپوگرافی بتنهایی جوابگوی نیازهای نقشه‌برداران است و لزومی به استفاده از تصویر وجود ندارد.

ضرورت استفاده از ابر نقاط به‌همراه تصویر در سازه‌های پیچیده و عظیم

استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه بدون حضور لیزر برای تهیه نقشه از سازه‌های عظیم و پیچیده کاری زمان‌بر و پرهزینه است. بدین سبب در این روش باید ابتدا تصاویر نسبت به یکدیگر و نسبت به سیستم مختصات مبنا توجیه شوند، سپس برای اندازه‌گیری یک نقطه روی شیء موردنظر آن را حداقل در سه تصویر اندازه‌گیری بنماییم. اندازه‌گیری هر نقطه در چند تصویر کاری دشوار است، در صورتی که اسکنر فتولیزری در هر ثانیه ۱۲۰۰۰ برداشت می‌نماید و با تلفیق این نقاط با تصویر اخذ شده، میلیونها نقطه کنترل (دارای مختصات عکسی و مبنا) روی تصویر ظاهر می‌شود. تصاویر به‌دست آمده از این روش نیازی به هیچگونه توجیهی ندارند، زیرا این توجیحات توسط نقاط کنترل مورد استفاده در برداشت ابر نقاط، پارامترهای کالیبراسیون دوربین عکسبرداری و اسکنر در نرم‌افزار مربوطه به‌صورت خودکار انجام شده است. به کار بردن اسکنر فتولیزری و فتوگرامتری برد کوتاه در ابعاد گسترده کار میدانی بسیار ساده‌تر و سریع‌تر از فتوگرامتری برد کوتاه است. در کاربردهایی که دقت‌های زیر میلیمتر موردنظر است، از لیزرهایی با بُرد کوتاه و دقت در حدود ۲۰۰ میکرون استفاده می‌شود که معمولاً در این زمینه ابعاد شیء موردنظر محدود و کوچک است.

مشابه اسکنرهای فتولیزری مورد استفاده در نقشه‌برداری زمینی (Terrestrial Laser Scanners)، دستگاه‌هایی نیز به نام

هنر—دسه (موقعیت و ابعاد) تارگت موردنظر جمع‌آوری نموده و در مرحله بعد، اطلاعات مفید توسط عامل دست—گاهی به کمک تصویر و ابر نقاط در نرم‌افزار استخراج شود.

همان‌طور که در بخش مشخصات فنی ذکر شد، اسکنر قادر است در هر ثانیه حدود ۱۲۰۰۰ نقطه از اجسام واقع در محیط اطراف را جمع‌آوری نماید. استخراج اطلاعات مفید بستگی به نوع هدف دارد، به طوری که به‌عنوان مثال تهیه نقشه وضع موجود (As-built) از سازه‌های یک پالایشگاه، موقعیت لوله‌ها، مخازن، برجها و ... به‌عنوان اطلاعات مفید تلقی شده و نقاط برداشت شده از بستر پالایشگاه نیز نوین به‌شمار می‌آیند. اما اگر هدف، تهیه نقشه توپوگرافی از بستر باشد، نقاط برداشت شده روی لوله‌ها و دیگر سازه‌های مصنوعی به‌عنوان نوین تلقی شده و نقاط روی بستر اطلاعات مفید را تشکیل می‌دهند. در واقع، با به کار بردن اسکنر فتولیزری یکبار اطلاعات را جمع‌آوری و بارها از آن استفاده می‌شود. قسمت عمده و پر حجم کار نیز با استفاده از نرم‌افزار در دفتر انجام می‌شود. تنها مسأله‌ای که باید در کار میدانی رعایت شود، در نظر گرفتن دید مهندسی برای انتخاب مکان استقرار دستگاه است. همچنین تنظیم پارامترهای عکسبرداری از قبیل رزولوشن، میزان و زمان نوردی و فاصله کانونی لنز برای دوربین نصب شده به روی اسکنر از اهمیت زیادی برخوردار است.

ضرورت استفاده از تصویر به‌همراه ابر نقاط

در زمینه تهیه نقشه از سازه‌های صنعتی و عمرانی یا در کل سازه‌های ساخت دست بشر، استفاده از اسکنر فتولیزری بتنهایی و بدون حضور فتوگرامتری برد کوتاه کاربردی نداشته و به نتیجه مطلوب نمی‌انجامد. به دلیل اینکه: الف) تشخیص عوارض و اجسام از میان میلیونها نقطه کاری غیرممکن است و تنها ابزاری که می‌تواند اشیاء موردنظر را از میان این میلیونها نقطه بارز نماید، تصویری است که روی آن قرار گرفته باشد. ب) پراکندگی اتفاقی نقاط لیزری امکان استخراج دقیق لبه‌ها و عوارض خطی را میسر نمی‌سازد. از آنجایی که این عوارض در تهیه نقشه خطی



شکل ۴. استفاده از GPS به منظور زمین مرجع نمودن ابر نقاط



شکل ۵. نمونه ای از رفلکتور مورد استفاده

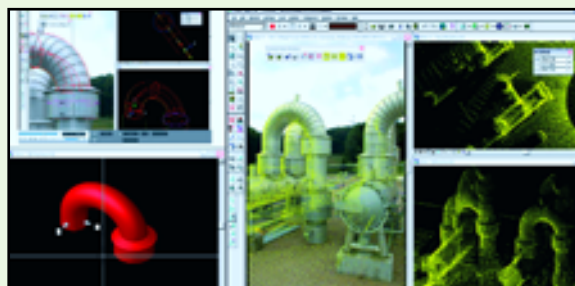
◀ جمع آوری اطلاعات

کاربرد این رفلکتورها در تلفیق داده های جمع آوری شده از ایستگاههای مختلف است و در نهایت به دلیل اینکه تصاویر به نقاط لینک شده اند، تصاویر نیز دارای مختصات مبنا می شوند.



شکل ۶. ابر نقاط با رنگ طبیعی حاصل از تلفیق اسکنهای مختلف

اسکنرهای هوایی (Airborne LIDAR) در زمینه نقشه برداری هوایی وجود دارد که برای زمین مرجع نمودن اطلاعات جمع آوری شده توسط آنها از GPS و IMU استفاده می شود.



شکل ۳. ترسیم عوارض موجود بر روی تصویر به کمک نقاط لیزری و مدل سازی سه بعدی

روش کار در تلفیق داده های اسکنر فتولیزری و فتوگرامتری برد کوتاه

روش انجام کار طی مراحل زیر توضیح داده می شود:

◀ اندازه گیری نقاط کنترل مبنایی

قبل از شروع کار با اسکنر باید مختصات نقطاتی را به عنوان نقاط کنترل در سطح منطقه مورد نظر اندازه گیری کنیم. البته این نقاط باید در محلهایی در نظر گرفته شوند که بهترین دید از زوایای مختلف برای آنها برقرار باشد. بعد از اندازه گیری مختصات نقاط به وسیله توتال استیشن یا GPS، نوبت به استقرار رفلکتورهای مخصوص اسکنر فتولیزری روی این نقاط می رسد. این رفلکتورها عموماً به صورت کاغذی هستند که روی یک سیلندر با ابعاد مشخص چسبانده شده اند.

در روشی دیگر، در مواردی که امکان تلفیق اسکنهای مختلف موجود نباشد، می توان از GPS برای انتقال مختصات ابر نقاط به سیستم مختصات مبنا (WGS 84) استفاده نمود. به عبارت دیگر، زمانی که امکان اندازه گیری رفلکتورهای مشترک بین دو استقرار وجود نداشته باشد، از GPS استفاده می شود.



شکل ۸. اندازه گیری نقاط کنترل و گره ای در هر یک از تصاویر

بعد از انجام محاسبات سرشکنی پارامترهای توجیه خارجی و



شکل ۹. تعیین پارامترهای توجیه خارجی با کمک سه نقطه کنترل

نتیجه گیری

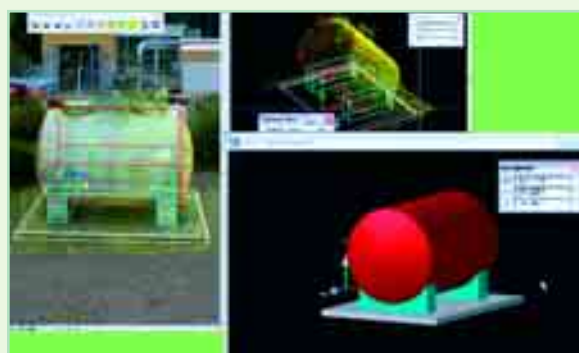
استفاده از اسکنر فتولیزری به همراه فتوگرامتری برد کوتاه به منظور تهیه نقشه وضع موجود (As-built) از سازه های صنعتی عظیم و پیچیده راه حلی مناسب است و در زمان و هزینه صرفه جویی خواهد شد، به طوری که برگزیدن روشهای دیگر مستلزم صرف هزینه و زمان بیشتری است.

منابع

۱. طرحهای انجام شده در اروپا و ایران با استفاده، فتولیزرهای شرکت RIEGL از کشور اتریش در سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ (www.riegl.com)
۲. کتابچه راهنمای مربوط به نرم افزار Elcovision از شرکت PMS سوئیس (www.elcovision.com)
۳. بخش مربوط به اسکنرهای لیزری در پایگاه اینترنتی شرکت نمایرداز رایانه (www.nprco.com)

◀ ترسیم عوارض

با وارد کردن تصاویر و نقاط لیزری به داخل نرم افزار می توان عملیات ترسیم را آغاز نمود. بدین صورت که برای ترسیم یک سیلندر می توان نقاط لیزری را از ابعاد مختلف مورد بررسی قرار داد و قطر آن را با کمک گرفتن از تصویر ترسیم نمود. سپس با کمک گرفتن از دیگر ابزار ترسیمی می توان سیلندر را مدل سازی نمود. در این روش برای ترسیم المانهای دو بعدی و سه بعدی مانند دایره، استوانه و کره میانگینی از داده ها گرفته می شود که انتظار می رود دقت کار از ۵ میلیمتر بهتر باشد.



شکل ۷. مدل ساخته شده از منبع آب

استفاده از فتوگرامتری برد کوتاه برای تهیه

نقشه خطی

از فتوگرامتری بُرد کوتاه می توان به منظور تهیه نقشه وضع موجود (As-Built) از اجسامی که دارای سطوح صاف، ابعاد محدود و شکل هندسی غیر پیچیده هستند، استفاده نمود. البته برای دقتهای بهتر از ۱۰۰ میکرون نمی توان از تک عکس به همراه نقاط لیزری استفاده نمود. در این صورت باید از دوربینهایی که از استحکام هندسی بالایی برخوردار هستند، استفاده نمود. اندازه فیزیکی پیکسل دوربین و همچنین تعداد پیکسل آن نیز در حصول دقتهای بالا بسیار مهم است. روش عمومی کار بدین صورت است که ابتدا تصاویر را از زوایای مناسب اخذ نموده و سپس یک سری نقاط مشترک (Tie) بین تصاویر مجاور به منظور توجیه نسبی آنها و همچنین نقاط کنترل (حداقل ۳ نقطه) برای تعیین پارامترهای توجیه خارجی اندازه گیری می شوند.