

کاربرد فناوری لیزر اسکن در پروژه های ساختمانی و صنعتی: مطالعه تجربی در صنعت نیروگاهی

فاطمه هزارخانی^۱، حامد هزارخانی^۲

۱- کارشناس مهندسی مکانیک (نویسنده مسئول)

۲- دانشجوی کارشناسی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

امروزه با پیشرفت فن آوری، استفاده از لیزر اسکنرهای سه بعدی نوین متناسب با نیازمندیهای صنایع مختلف از جمله معادن، تاسیسات صنعتی، خطوط لوله، مخازن و غیره به طور گسترده رو به افزایش می باشد. در این تحقیق براساس بازخوردها و تجربه ی پروژه های نیروگاهی و با توجه به سیستم یکپارچه ی طراحی و مدل سازی سه بعدی، به لزوم استفاده از فناوری لیزر اسکن در ابتدا و حین اجرای پروژه ها پرداخته شده است. با کمک فناوری لیزر اسکن امکان بارگذاری ابر نقاط^۱ عوارض، وضعیت موجود سایت و تراز تمام شده ی زمین^۲ در مدل سه بعدی فراهم شده، نیازمندی ها و بسیاری از مشکلات مرتفع خواهد شد. همچنین پیشنهاد می گردد فناوری لیزر اسکن در مدل سازی و تهیه مدارک عین ساخت^۳ برای نقاط و المانهای پیچیده به طور موردی، استفاده گردد.

واژه های کلیدی: اطلاعات یکپارچه، لیزر اسکن، عین ساخت، مدل سازی سه بعدی، وضعیت موجود

^۱Point Cloud

^۲Topography

^۳As Built

۱. مقدمه

اسکنر سه بعدی وسیله ای است که یک شیء یا محیط واقعی را برای جمع آوری داده ها در مورد شکل و احتمالاً شکل ظاهری آن (به عنوان مثال رنگ) تجزیه و تحلیل می کند. از داده های جمع آوری شده می توان برای ساخت مدل های سه بعدی دیجیتالی استفاده کرد [۱]. با پیشرفت فن آوری، تجهیزات نقشه برداری و لیزر اسکنرهای سه بعدی نوین متناسب با نیازمندیهای صنایع مختلف از جمله دقت مورد نیاز، محدودیت فضا و حرکت طراحی و ساخته شده است.

جدول ۱- مشخصات فنی نمونه اسکنر لیزری دستی [۲]

سرعت اندازه گیری	۴۳۲۰۰ نقطه در ثانیه
دقت اندازه گیری سه بعدی	۱ ± هزارم - ۲ سانتی متر در ۲۰ متر
برد اندازه گیری	۳۰ متر داخلی (فضای سرپوشیده) و ۱۵ متر فضای باز
میدان دید و عملکرد	۲۷۰ در ۳۶۰ درجه
وزن اسکنر لیزری دستی	۱ کیلوگرم
ابعاد اسکنر لیزری دستی	۸۶*۱۱۳*۲۸۷ میلی متر
نوع لیزر	امن برای چشم (Class 1 eye safe)



شکل ۱- نمونه اسکنر لیزری دستی

برای تولید مدل های سه بعدی که واقعیت را نشان می دهند روش های مختلفی وجود دارد برای دستیابی به اطلاعات جامع و کامل از قطعات، تجهیزات، خطوط لوله، تاسیسات، ابنیه و غیره می توان از روش های تلفیقی بهره برد. مدل های تولید شده توسط فتوگرامتری برد کوتاه و لیزر اسکنر زمینی مناطق عمیق را به خوبی نشان نمی دهند اما دقت و توان تفکیک بالایی را دارا هستند. سرعت و سادگی و پوشش کامل منطقه در فتوگرامتری پهباد مبنای امری آشکار است، ولی دقت هندسی پایینی دارد. بنابراین بدیهی است مکمل بودن این سه روش لازم و ضروریست و می توان این سه روش را تلفیق نمود و نقاط ضعف هریک را توسط دیگری پوشش داد [۳].



شکل ۲- تلفیق سه روش لیزر اسکنرها

در این تحقیق در بخش ۲. به مزایا و کاربردهای استفاده از فناوری لیزراسکن در پروژه های صنعتی پرداخته شده است. در بخش ۳. لزوم استفاده از این فن آوری جهت بارگذاری ابر نقاط شرایط موجود المانها در پروژه هایی که در یک مقطع زمانی پس از اجرای بخشی از آن متوقف شده اند و یا پروژه هایی که طرح توسعه ای آنها با اختلاف زمانی زیادی شروع شده، اشاره شده است. بخش ۴. به ضرورت در دست داشتن تراز نقاط مختلف سایت در ابتدای پروژه را مطرح و به کار گیری فن آوری لیزر اسکن را بهترین راه حل معرفی می نماید. در بخش ۵. با توجه به اینکه مدل سازی المانهای پیچیده در نرم افزارهای مدیریت مدل سازی مانند PDMS نیازمند صرف زمان و هزینه ی بالا می باشد. استفاده از این فن آوری پیشنهاد می گردد.

۱. مزایا و کاربردهای فناوری لیزر اسکن در صنعت

این فن آوری، داده و اطلاعات وضعیت موجود را به صورت آنی با مقیاس حقیقی به شکل جامع جمع آوری می کند. اطلاعات برداشت شده به صورت ابر نقاط وارد نرم افزارهای سه بعدی شده، در محیط مجازی و با کمک امکانات نرم افزارهای سه بعدی می توان از آن برای پیاده سازی طرح های توسعه، تعمیر و نگهداری، بازسازی، کنترل دسترسی

^۱Plant Design Management System

ها، بازبینی مسیرهای فرار، تهیه نقشه‌های عین ساخت و کلیه نیازمندی‌های طراحی و مهندسی بهره برداری و استفاده کرد. نظارت بر ساخت و ساز و ارزیابی خسارت نیز از دیگر کاربردهای آن است [۴].

از داده‌های جمع آوری شده توسط اسکنرهای سه بعدی می‌توان برای مهندسی معکوس، بازرسی قطعات، طراحی بسته بندی و طراحی ارگونومیک، مراقبت‌های بهداشتی، حفظ تاریخ و نمونه سازی سریع استفاده کرد [۱].

در زیر برخی مزایای روش لیزر اسکن در مقایسه با روش‌های سنتی در صنعت آمده است:

- ۲-۱- جمع‌آوری اطلاعات عین ساخت در قالب یک مدل سه بعدی یکپارچه
- ۲-۲- دقت بسیار بالا و به حداقل رساندن خطاهای اندازه گیری هندسی
- ۲-۳- سرعت عمل بسیار بالا در مقایسه با روش‌های سنتی
- ۲-۴- هزینه کمتر این فن‌آوری در مقایسه با روش‌های سنتی با توجه به کیفیت آن
- ۲-۵- امکان بروزرسانی اطلاعات سه بعدی عین ساخت در صورت تغییرات آنی در پروژه
- ۲-۶- بکارگیری مستقیم اطلاعات در تهیه مدل یکپارچه اطلاعات پروژه
- ۲-۷- امکان مدل سازی اشیاء بسیار پیچیده

۲. بارگذاری ابر نقاط وضعیت موجود^۱ سایت در مدل سه بعدی

همانگی فصول مشترک و ترمینال پوینت‌ها بین طراحی‌های جدید و قدیم در پروژه‌هایی که در یک مقطع زمانی پس از اجرای بخشی از آن متوقف شده‌اند و یا پروژه‌هایی که طرح توسعه بخش بخار آنها با اختلاف زمانی زیادی شروع شده است، زمان و هزینه بسیاری صرف می‌نماید و کیفیت مورد انتظار نیز محقق نمی‌شود.

در زیر به برخی از مسائل و چالش‌ها در این نوع از پروژه‌ها اشاره شده است:

- ۳-۱- مدارک قدیمی نواقص و اشکالات فراوانی دارد، مدل‌سازی بر اساس مدارک قدیمی علاوه بر صرف نفر ساعت بالای مدل سازی نیازمند صرف نفر ساعت کارشناسی جهت تطبیق مدارک و شناسایی عدم تطابق هاست.
- ۳-۲- تغییرات و اصلاحاتی به صورت دستور کار در اجرا در گذشته انجام شده است که در مدارک قدیمی و حتی در مدارک عین ساخت منعکس نشده است.
- ۳-۳- مدل سازی طراحی‌های گذشته، با طراحی‌های جدید همزمان انجام می‌شود و کاربرد مفیدی به لحاظ تامین پیش‌نیاز برای طراحی‌های جدید در مدل سه بعدی را ندارد و مدل قابل استناد نیست.
- ۳-۴- در طول انجام طراحی و مهندسی نیاز به اعزام کارشناسان بخش‌های مختلف به سایت جهت بازدید و برداشت داده و اطلاعات اجرا و سایت موجود می‌باشد.

^۱Existing

۵-۳- در پروژه‌های در حال اجرا، ترتیب و توالی طراحی و اجرا رعایت نمی‌گردد و تغییرات و اصلاحات در سایت به صورت دستورکار، در زمان مناسب و با دقت کافی در دسترس طراح جهت بهره‌برداری در ادامه فرایند طراحی قرار نمی‌گیرد.



شکل ۲- نمونه ابرنقاط از وضعیت موجود

۳. بارگذاری ابر نقاط تراز زمین در مدل سه بعدی

با توجه به گستردگی سامانه‌های کمکی و توازن نیروگاه مانند ساختمان‌ها و تجهیزات جانبی، شبکه‌های جمع‌آوری پساب‌های زیرزمینی، سازه‌های محوطه و رابط مانند اسلیورها، کانال‌ها و غیره، در دست داشتن تراز نقاط مختلف سایت در ابتدای پروژه یکی از نیازمندیهای اصلی و کلیدی می‌باشد.

برخی از مشکلات در زمینه محاسبه و تطبیق ترازهای ارتفاعی در زیر آمده است:

۱-۳- در روش سنتی به کمک نقشه‌های توپوگرافی تراز نقاط مختلف سایت به صورت منحنی تراز در نقشه دو بعدی نمایش داده می‌شود که دارای مختصات ارتفاعی^۷ نیستند و استخراج داده، تبدیل آن به اطلاعات و تطبیق طراحی با آن به طور دقیق امکان پذیر نبوده، همواره دارای خطاست.

۲-۳- در طراحی سامانه‌های محوطه در بسیاری از مدارک دو بعدی، ترازها به صورت متغیر^۸ نمایش داده می‌شود تا در هنگام اجرا با تراز تمام شده زمین انجام شود. یکی از دلایل تداخلات زیاد در شبکه‌های زیر زمینی این امر می‌باشد.

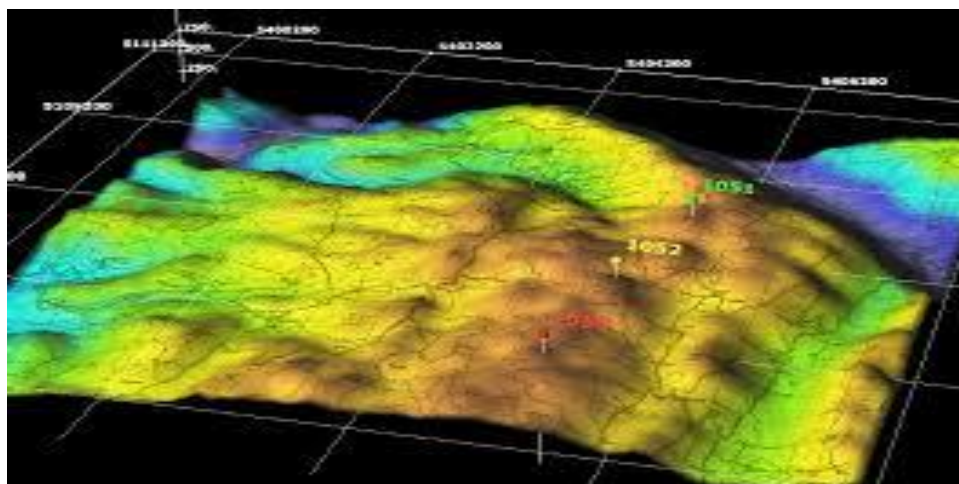
۳-۳- در محیط طراحی و مدل سازی سه بعدی تراز زمین هرگز مشخص نیست و همواره جهت رفع نیازمندی و تطبیق ترازها طراحان و مدلرها با سعی و خطا و محاسبات دستی، تراز ارتفاعی المانها را تنظیم می‌کنند.

^۷BOP: Balance Of Plant

^۸Z

^۹Variable

- ۳-۴- تراز درج شده در مدارک دو بعدی و سه بعدی با تراز واقعی سایت در بسیاری موارد اختلاف دارد.
- ۳-۵- نیاز به عملیات خاکریزی و یا خاکبرداری در اجرا برای تامین تراز درج شده در مدارک وجود دارد.

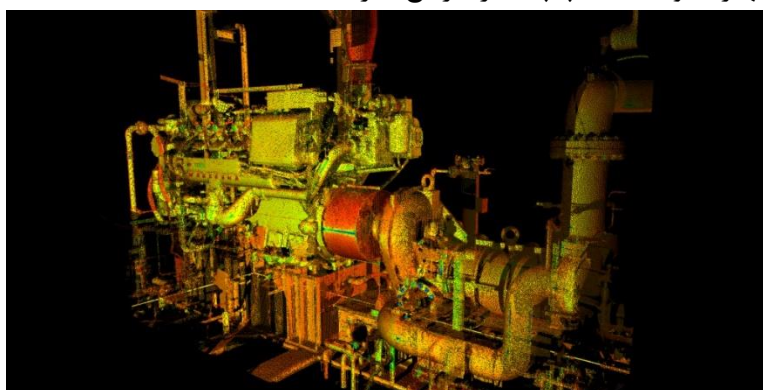


شکل ۳. نمونه ابرنقاط از تراز زمین

۴. لیزر اسکن موردی از ابنیه و تجهیزات پیچیده

نرم افزارهای سه بعدی از امکانات و ابزارهای متناسب با آن حوزه‌ی خاص برخوردار هستند و در بسیاری از موارد مدل سازی برخی تجهیزات و اتصالات در PDMS با دقت و جزئیات کافی به راحتی میسر نمی‌باشد. علاوه بر این، مدل سازی المانهای پیچیده در PDMS نیازمند صرف زمان و هزینه‌ی بالا می‌باشد. انتقال مدل از نرم افزارهای مادر نیز مشکلات عدم همخوانی نرم افزارها، حذف شدن بخشی از مدل و افزایش حجم دیتابیس را به همراه دارد.

استفاده لیزر اسکن برای ابنیه و تجهیزات پیچیده و ترکیب مدل ابر نقاط آن با مدل سه بعدی یکپارچه می‌تواند مشکلات مدل سازی تجهیزات و اتصالات پیچیده را مرتفع سازد.



شکل ۴. نمونه ابرنقاط از تجهیز کمپرسور

استفاده‌ی موردی از لیزر اسکن، علاوه بر ایجاد مدل سه بعدی تجهیزات پیچیده به منظور ادامه طراحی و مهندسی، در مدارک عین ساخت نیز می‌تواند مشکلات زیادی را حل نماید. تهیه مدارک مارک شده در سایت پس از

اجرا همواره با مشکلات و عدم رعایت اصول طراحی و نقشه‌کشی مواجه بوده، برداشت داده از المانهای اجرا شده علاوه بر صرف زمان و هزینه، با بی‌دقتی و خطاهای انسانی همراه است. این امر باعث شده است مدارک عین ساخت از دقت، کیفیت و تطابق قابل اطمینانی برخوردار نباشند.

با توجه به گستردگی سایت‌های نیروگاهی، شاید تهیه کلیه مدارک عین ساخت از طریق لیزر اسکن مقرون به صرفه نباشد و یا نیازی به لحاظ نوع این صنعت احساس نشود، اما استفاده موردی برای برخی مناطق، ابنیه و تجهیزات حساس و پیچیده لازم و ضروری می‌باشد.

۵. نتیجه گیری

با استفاده از فن‌آوری لیزراسکن ابر نقاط ابنیه، ساختمانها، تجهیزات موجود، تراز طبیعی زمین فصل مشترکات اجرا شده و سایر نیازمندیها، در ابتدای پروژه و یا در حین اجرا تهیه و با کمک نرم افزارهای واسط در محیط نرم افزار PDMS بارگذاری و به طور سه بعدی با ابعاد و مشخصات واقعی در دسترس قرار می‌گیرد. بنابراین طراحان و کارشناسان با اطمینان کامل از شرایط واقعی سایت و اجرا، در محیط سه بعدی و با تامین نیازمندیهای داده و اطلاعات اولیه اقدام به طراحی و مهندسی می‌نمایند.

در این روش علاوه بر رفع همه مشکلات مطرح شده، تداخلات واقعی و نفرساعت طراحی و مهندسی کاهش چشمگیری داشته و کیفیت اطلاعات ورودی و در نتیجه کیفیت مدارک خروجی افزایش می‌یابد. با توجه به مسائل و چالش‌هایی که در پروژه‌های صنعتی و ساختمانی مواجه هستیم، پس از بررسی و تحقیق با توجه به بررسی‌های به عمل آمده و نیز بر اساس مزایا و کاربردهای فن‌آوری لیزر اسکن پیشنهاد می‌گردد جهت حل بسیاری از این مسائل، از روش های لیزر اسکن نوین استفاده گردد.

منابع و مراجع

1. A-B Ebrahim, Mostafa (2011), 3d Laser Scanners: History, Applications, And Future, Researchgate 2014
2. <https://geoslam.com/>
3. سعید صادقیان، زهرا عبدالعلی زاده، (۱۳۹۷)، "رائه روش تلفیقی با بکارگیری تصاویر هوایی، زمینی و داده‌های لیزراسکنر در مدل سازی سه بعدی سایت‌های باستانی"، دومین همایش ملی مستند نگاری میراث طبیعی و فرهنگی، دانشگاه تربیت معلم شهید رجایی
4. Sanhudo, Luís and M.M. Ramos, Nuno, (2019), A framework for in-situ geometric data acquisition using laser scanning for BIM modelling, *Journal of Building Engineering*
5. آرشیو و مستندات داخلی شرکت مهندسين مشاور مונكو ايران