بررسی عوامل موثر بر کیفیت داده های لیزر اسکنر زمینی

(مطالعه موردی: ابر نقاط برداشتی توسط Riegl LMS360i)

الناز محمد زنجانی پور[۱] ، مسعود ورشوساز[۲] ، محمد سعادت سرشت[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد فتوگرامتری، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
e.zanjanipour@gmail.com

۲. استادیار گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
varshosazm@kntu.ac.ir

۳. استادیار گروه مهندسی نقشه برداری، پردیس دو دانشکده های فنی، دانشگاه تهران
msaadat@ut.ac.ir

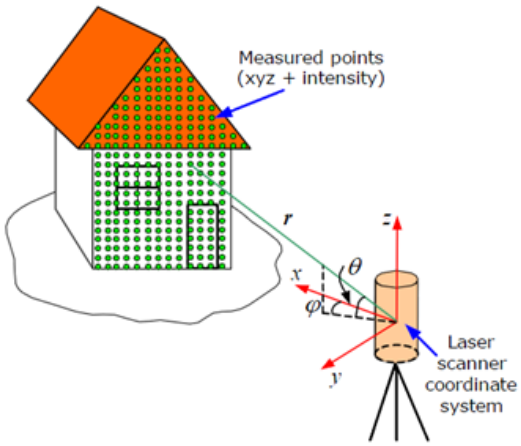
چکیده

فناوری لیزر اسکنر به دلیل قابلیت‌هایی که در مقایسه با سایر روش‌های ژئودتیک دارد، روز به روز بیشتر مورد علاقه کاربران قرار می‌گیرد. در عین حال به دلیل وجود عوامل مختلف، نتایج حاصل از اندازه‌گیری این دستگاه، تحت تاثیر خطاهای گوناگون خواهند بود. بنابراین برای رسیدن به اطلاعات دقیق و صحیح، شناخت کافی و درک کاملی از منابع خطا در این ابزار لازم به نظر می‌رسد. به همین منظور، در این مقاله عوامل مختلف تاثیرگذار بر کیفیت نهایی داده‌های حاصل از لیزر اسکنر زمینی دوربرد معرفی و نحوه اثربخشی برخی از آن‌ها بر مشاهدات ابر نقاط در یک تجربه عملی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می دهد که، استفاده از مدل‌های کالیبراسیون برای کاهش خطاهای سیستماتیک و به کارگیری فیلترهای مناسب برای کاهش خطاهای اتفاقی و اشتباهات ضروری است. علاوه بر این، با توجه به بروز انواع خطاها و محدودیت‌های برداشت عوارض، در اکثر موارد، استفاده از روش‌های مکملی همچون فتوگرامتری و نقشه‌برداری، برای برداشت دقیق‌تر و تکمیل جزئیات لازم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: لیزر اسکنر زمینی، خطاها، عوامل موثر، کیفیت داده‌ها.

۱-مقدمه

در طول دهه گذشته، مهندسی نقشه‌برداری در نقاط مختلف جهان، پیشرفت‌های گسترده‌ای را در تکنیک‌های جمع‌آوری داده‌های مکانی داشته است. یکی از این جدیدترین توسعه‌ها به صورت فناوری لیزر اسکنر ظاهر شده است (شکل۱). در این سیستم، مجموعه‌ای از پرتوهای لیزری، به صورت سیستماتیک و با زاویه ثابت و مشخص بین پرتوهای متوالی، به سمت عارضه مورد اندازه گیری، ارسال می‌شود[۴]. با اندازه‌گیری طول و زوایای افقی و قائم، مختصات سه بعدی عارضه محاسبه می‌گردد. علاوه بر مشاهدات سه گانه طول، زاویه قائم و جهت افقی، بسیاری از اسکنرها قادر به ضبط شدت سیگنال بازتابی در هر نقطه نیز می‌باشند[۴]. نهایتاً خروجی این دستگاه‌ها، ابری از نقاط سه‌بعدی دارای مختصات X وY وZ به همراه شدت سیگنال دریافتی می‌باشد.



شکل۱: نحوه مشاهدات در لیزر اسکنر زمینی[۴]

دقت محاسبه شده در نوع هوایی این لیزرها (لیدار) در حدود ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر[۷] و دقت قابل حصول در لیزر اسکنر زمینی در حدود ۳ تا ۵ میلیمتر تخمین زده شده است[۱]. اساساً، سه پارامتر فاصله، قدرت تفکیک و زاویه برخورد، بر کامل بودن داده‌ها و میزان تراکم آن‌ها اثرگذار می‌باشند[۲]. به عبارت دیگر با افزایش فاصله و قدرت تفکیک زاویه‌ای و نزدیک شدن زاویه برخورد پرتو لیزر با عارضه به نرمال بر سطح آن، تراکم داده‌ها افزایش یافته و در نتیجه برداشت به صورت کامل‌تر انجام می‌پذیرد. برای بهبود کیفیت ابر نقاط، آنچه لازم و ضروری به نظر می رسد، شناخت درستی از منابع خطا در دستگاه‌های لیزر اسکنر می‌باشد. در این مقاله به بررسی نقش خطاهای مختلف در داده‌های لیزر اسکنر پرداخته شده است. به همین منظور، در بخش بعد، ابتدا مروری بر انواع خطاهای موجود و تحقیقات انجام شده در زمینه هر کدام صورت می گیرد. پس از آن بررسی‌های عملی انجام شده در این زمینه ارائه می گردد. در این بررسی ابر نقاط برداشتی توسط Riegl LMS360i، از زمین والیبال دانشکده نقشه برداری در دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. در نهایت نیز جمع‌بندی از تحقیقات انجام شده و پیشنهادات برای فعالیت‌های آتی مورد اشاره قرار گرفته است.

۲- انواع خطاها در لیزر اسکنر زمینی دوربرد

همان گونه که در بالا آمد، عوامل متعددی بر کیفیت ابر نقاط برداشت شده توسط یک لیزر اسکنر اثرگذار می‌باشند. با توجه به تحقیقات مفصل صورت گرفته در این مقاله، اهم آن‌ها عبارتند از:

- عوامل دستگاهی شامل دقت اندازه گیری طول و زاویه، قدرت تفکیک زاویه‌ای و غیر انتخابی بودن فواصل نمونه‌برداری، خطاهای محوری دستگاه.
- مشخصات عارضه مورد نظر از جمله تأثیرات لبه، خصوصیات بازتابندگی سطح، پارامتر توجیه سطح و فاصله اسکنر تا عارضه، حرکت عارضه، وجود سایه، عوارض مزاحم و نویزها.
- نوع شبکه طراحی شده و مکان لیزر اسکنر جهت برداشت ابر نقاط.
- شرایط محیطی.

در ادامه به تفکیک هر یک از این عوامل بررسی می شوند.

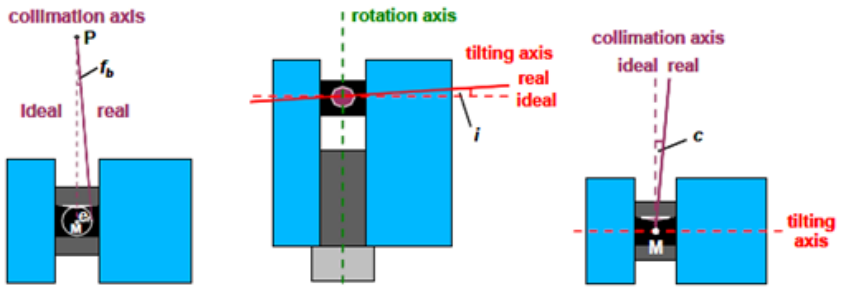
۲-۱- دقت اندازه گیری طول و زاویه:

از جمله عوامل موثر بر دقت اندازه‌گیری طول و زاویه، خطاهای مربوط به سخت افزار لیزر اسکنر شامل خطاها در فاصله‌یاب لیزر و سیستم اندازه‌گیری زاویه می باشند. خطاها در فاصله یاب دستگاه اغلب به صورت اتفاقی و به دلیل وجود نویزهای حرارتی گیرنده و نویزهای زمینه[1] اتفاق می‌افتند[۴]. خطای دستگاهی دیگر "دریفت فاصله" است که یا بدلیل تغییرات درجه حرارت محیط یا تغییرات دمای داخل فاصله‌یاب اتفاق می افتد. مهم‌ترین بخش در سیستم اندازه‌گیری زاویه، آینه است. آینه به دلایل زیر می‌تواند در داده‌های اندازه‌گیری شده توسط سیستم اندازه‌گیری زاویه دستگاه، خطا ایجاد نماید: تغییرات آن در نتیجه نصب نادرست، ایجاد اعوجاجات در سطح آینه به دلیل بروز نیروی گشتاوری سریع، غیر یکنواختی سطح آینه به دلیل محدودیت‌های ساختاری، فرسایش تدریجی به دلیل برخورد ذرات گرد و غبار و تغییرات حرارتی سطح آینه به دلیل شرایط گرمایی[۴].

۲-۲- خطاهای محوری دستگاه لیزر اسکنر

از جمله خطاهای محوری دستگاه که اندازه‌گیری‌های فاصله و زاویه را دچار اشتباه می‌کنند و بر کیفیت داده‌های برداشتی تأثیر می‌گذارند، خطای تیلت محوری- کلیماسیون و خروج از مرکزیت می‌باشند. زمانی که اندازه‌گیری‌ها توسط دستگاه تاکئومتر انجام می‌گیرند، اثرات این خطاها با نشانه‌روی به یک عارضه در دو وجه تلسکوپ نادیده گرفته می شوند. اما در لیزر اسکنر این اثرات وجود دارد و لازم است که شناسایی و حذف گردد. برای لیزر اسکنرهایی که با اصول اندازه‌گیری تاکئومتریک کار می‌کنند، سه محوردوران قائم و تیلت و کلیماسیون قابل تعریف می‌باشند. محور دوران قائم عبارت است از محور دوران قسمت بالای دستگاه در طول عملیات اسکن و محور تیلت، محور دوران آینه اسکن در طول فرآیند اسکن می باشد. محور کلیماسیون نیز با فرض پخش مخروطی اشعه لیزر، خط مستقیمی است که از مرکز آینه اسکن و مرکز نقطه لیزر روی سطح عارضه و در جهت قائم عبور می نماید[۳].

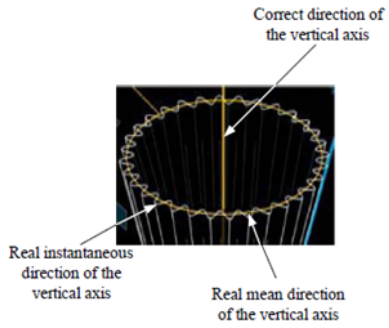
برای رهایی از خطای دستگاه، لازم است محورها سه شرط را داشته باشند که عبارتند از [۳]: محور تیلت، عمود بر محور دوران باشد، محور کلیماسیون عمود بر محور تیلت باشد و محور کلیماسیون با محور دوران متقاطع باشد. اگر چنانچه محور تیلت بر محور دوران عمود نباشد، خطای تیلت وجود خواهد داشت و اگر محور کلیماسیون عمود بر محور تیلت نباشد، خطای کلیماسیون و اگر محور کلیماسیون با محور دوران متقاطع نباشد، یک خروج از مرکزیت محور کلیماسیون وجود دارد(شکل۲).



شکل۲. شمایی از خطاهای کلیماسیون،محور دوران . خروج از مرکزیت در Imager5003 [۴]

[1] Dark current noise

خطای دیگری که می توان در این مبحث قرار داد، خطای trunnien axis یا tumbling یا wobble محور دوران است که هنگام دوران لیزر اسکنر حول محور قائم آن اتفاق می‌افتد. شکل(۳) نمایی از این خطا را نشان می‌دهد. Gruen و Amiri parian (۲۰۰۵) دلایل اصلی آن را خصوصیات مکانیکی دستگاه مثل غیر متمرکز بودن مرکز جرم اسکنر و ناقص بودن محور و بازی سکوی اتصال و همچنین نامتعادل بودن سیستم یعنی عدم تعادل بدنه دستگاه روی پایه، بیان نمودند.



شکل۳. خطای tumbling در لیزر اسکنر[۴]

این خطا به همراه خطاهای دستگاه در اندازه گیری طول و زاویه (بخش ۲-۱)، بنیادی[1] و مربوط به ماهیت فیزیکی سخت‌افزار لیزراسکنر می باشند که به دلیل محدودیت‌های طبیعی موجود در دستگاه اتفاق افتاده و امکان حذف آن‌ها نیز وجود ندارد[۴]. با این حال می توان اثر این خطاها را در اندازه گیری‌های صورت گرفته با طراحی بهتر یا انجام کالیبراسیون مناسب کاهش داد.

۲-۳- قدرت تفکیک زاویه‌ای لیزراسکنر

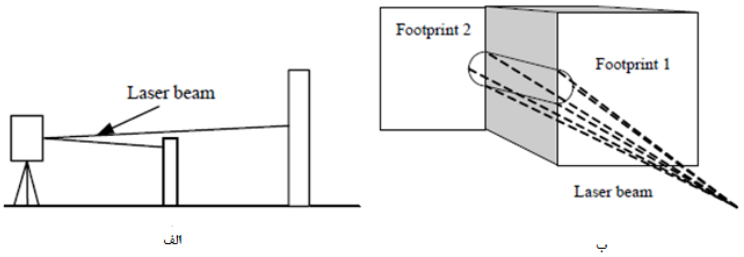
با توجه به اینکه تعداد نقاط برداشت شده در واحد طول بسته به فاصله عارضه تا دستگاه و زاویه برخورد پرتو لیزر تا سطح عارضه، متفاوت می باشد[۴]، در لیزراسکنرها معمولاً از ترم "قدرت تفکیک زاویه‌ای" استفاده می شود که به مفهوم زاویه بین دو پرتو متوالی می باشد. لازم به ذکر است، با توجه به سیستماتیک بودن نمونه برداری در این نوع دستگاه‌ها (مقدمه) ممکن است بعضی از قسمت‌های مورد نظر عارضه برداشت نگردد. برای این منظور پیشنهاد می‌شود که برای برداشت جزئیات اصلی عارضه همانند شکاف‌ها و گوشه‌ها از روش‌های فتوگرامتری برد کوتاه و نقشه‌برداری دقیق به عنوان مکمل استفاده گردد[۱].

۲-۴- تاثیرات لبه

خطای برداشت لبه‌ها از مهم‌ترین مسائل و مشکلاتی است که امروزه در کار با لیزر اسکنرهای مورد بحث و بررسی فراوان قرار گرفته است[۴]. زمانی که لکه لیزر به سطح دارای لبه برخورد می‌کند، دو حالت اتفاق می‌افتد: اول آنکه، ممکن است کلاً لبه جا بیفتد و لکه لیزر در یکی از دو طرف لبه با سطح برخورد نماید(شکل ۴- لف). دوم آنکه، ممکن است مطابق آنچه در شکل(۴- ب) نشان داده شده است، بخشی از لکه لیزر به یک طرف لبه و بخشی دیگر به طرف دیگر لبه با سطحی با جنس یا عمق متفاوت برخورد کرده و از آن برگشت داده شود، که در این صورت میانگین وزن‌دار به عنوان فاصله لیزراسکن تا لبه اختیار می‌شود که دقیق نیز نخواهد بود[۴]. این تأثیر بسیار حائز اهمیت

[1] Fundamental

است و می‌تواند منجر به بروز داده‌های اشتباه و سطوح کاذب در این قسمت‌ها بشود. با توجه به این امر، استقرار اضافی برای مشخص شدن محل نویزها و استفاده از داده‌های فتوگرامتری برای تعیین موقعیت دقیق لبه‌ها و حذف داده‌های اشتباه و نویزها می بایست مد نظر قرار گیرد[۱].

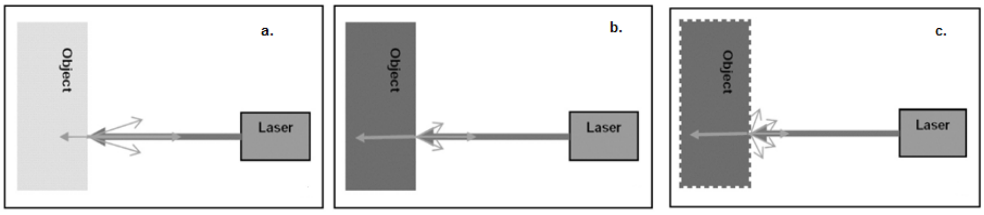


شکل۴. تاثیر برخورد لکه لیزر بر لبه عارضه[۴]

۲-۵- خصوصیات بازتابندگی سطح

عامل اثرگذار دیگر بر کیفیت داده‌های حاصل از لیزراسکنر، اثرات بازتابندگی سطح عارضه مورد اسکن می‌باشد. پدیده بازتاب در فرآیند طول سنجی از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا همین شدت بازتاب متفاوت سطوح مختلف، امکان تمایز عوارض همجوار از یکدیگر را ممکن می‌سازد. از جمله مواردی که بر بازتابندگی سطح اثر می‌گذارد عبارتند از: میزان رطوبت موجود بر سطح، خصوصیات جنس عارضه مثل میزان نرمی و زبری، رنگ سطح، شکل عارضه و دانه بندی آن و میزان شیشه‌ای یا آینه‌ای بودن سطح مورد نظر. در ادامه به توضیح مختصری در مورد اثر هر یک از موارد فوق پرداخته شده است.

در بررسی اثر وجود رطوبت، از آنجایی که آب، پرتوهای مادون قرمز نزدیک را جذب می‌کند، عملاً هنگام وجود رطوبت بر سطح، بازتابندگی امواج لیزر اتفاق نمی‌افتد. بنابراین بررسی شرایط اسکن در زمانیکه عارضه مورد نظر مرطوب باشد، مناسب به نظر نمی‌رسد. تجربه و آزمایش در خصوص جنس عارضه نشان می‌دهد که میزان بازتاب در سطوح با رنگ یکسان و توجیه یکسان نسبت به اسکنر ولی دارای جنس‌های مختلف، متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال شدت انرژی بازتابی سطح آهنی در مقایسه با یک تخته چوبی بیشتر است[۱]. شکل هندسی عارضه نیز بر تغییر مسیر پرتوهای لیزر اثرگذار می‌باشد. مسیر پرتوهای بازتابی سطوحی با درصد بازتاب زیاد ممکن است تحت تأثیر دانه‌بندی آن تغییر کرده و منجر به ایجاد بازتاب‌های اضافی در اطراف عوارض گردد[۴]. این پدیده در محل‌هایی که دارای دانه‌بندی براق (سطوح اکلیلی) می‌باشند، مشکلات زیادی ایجاد می‌نماید. شکل(a,b۵) نور لیزر برخوردی به یک سطح صاف را نشان میدهد. همانگونه که مشاهده میشود در سطح تیره جذب بیشتر است. درشکل(c۵) که سطح زبری[1] بیشتری دارد، ویژگی لامبریتن[2] بیشتر می باشد[۴].



شکل۵. پدیده جذب و پخش امواج لیزر[۴]

[1] Rough
[2] Lambertian

۲-۶- پارامتر توجیه سطح و فاصله تا لیزراسکنر

از جمله عوامل تأثیرگذار در ارتباط با عارضه، فاصله تا لیزراسکنر می‌باشد. با افزایش فاصله از عارضه، شدت انرژی بازتابی از سطح کاهش می‌یابد. همچنین هر چه عارضه در فاصله دورتری نسبت به دستگاه قرار داشته باشد، فواصل نمونه‌برداری از سطح نیز افزایش می‌یابد که این امر منجر به کاهش برداشت جزئیات از سطح می‌گردد[۱]. از دیگر عوامل موثر بر کیفیت داده‌های لیزر اسکنر نیز، پارامتر توجیه سطح می‌باشد. همانگونه که بیان گردید بیشترین تراکم و در نتیجه بیشترین دقت و جزئیات از عارضه، زمانی اتفاق می‌افتد که کاملاً روبروی لیزر اسکنر قرار داشته باشد و پرتوی لیزر عمود بر سطح تابیده شود[۲]. زاویه زیاد بردار نرمال سطح با پرتوهای لیزر در مورد سطوحی که ناهمواری زیادی دارند، منجر به ایجاد سایه‌های متعدد در ابرنقطه خواهد شد. این پدیده در فتوگرامتری به نواحی پنهان[1] معروف می‌باشد. با استقرار ایستگاه‌های بیشتر در صورت امکان تا حدودی این مشکل برطرف می‌گردد[۱].

۲-۷- حرکت عارضه

حرکت عارضه یا عوارض کنار شیء مورد نظر همانند رفت و آمد وسایل نقلیه، افراد و ... از جمله عواملی هستند که قادرند بر کیفیت داده‌های حاصل از لیزر اسکنر تأثیر بگذارند. این موضوع میتواند منجر به ایجاد گپ در برخی نواحی یا بروز نویز و تار شدگی در مدل شود.

۲-۸- نواحی پنهان، عوارض مزاحم و نویزها در ابر نقاط

بخش‌هایی از عارضه که پرتو لیزر به آن‌ها تابیده نشده است(نواحی پنهان)، منجر به بروز مشکلاتی در ابر نقاط می شوند به طوری که، مدلی که از داده‌های برداشت شده بدست می‌آید، عارضه را به طور کامل شامل نخواهد شد. اغلب با استفاده از ایستگاه‌های اسکن اضافی این گپ‌ها پر می‌شوند. نویزهای موجود در داده‌های لیزراسکنر نیز همانگونه که اشاره شد، تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله گرد و غبار و ذرات معلق در هوا زمانی که استقرار در مکان‌هایی با وجود باد شدید اتفاق می‌افتد، ایجاد می‌شوند. این نویزها به کمک الگوریتم‌هایی در مرحله پردازش داده‌ها قابل حذف می‌باشند ولی زمان پردازش را افزایش می‌دهند[۲].

۲-۹- نوع شبکه طراحی شده و مکان لیزر

مناسب بودن شبکه طراحی شده برای استقرار لیزر اسکنر نیز از دیگر عواملی است که قادر است بر دقت و تراکم داده‌ها تأثیر بگذارد. طراحی باید به گونه‌ای باشد که با کمترین استقرار، امکان برداشت ماکزیمم جزئیات فراهم گردد. و علاوه براین، در مرحله مرتبط سازی داده‌ها، در هر ایستگاه تارگت‌های مشابه با ایستگاه‌های مجاور به تعداد کافی دیده شوند. در این راستا، انتخاب مکان بهینه جهت استقرار لیزر اسکنر نیز از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد[۵].

۲-۱۰- شرایط و ویژگی‌های محیط:

این قسمت شامل مواردی می‌باشد که پرتوهای لیزر را از لحظه ارسال از اسکنر تا زمان بازگشت به آن تحت تأثیر قرار می‌دهند. از جمله این عوامل تغییرات درجه حرارت، فشار، رطوبت نسبی و روشنایی می‌باشد. شرایط بد آب و هوایی نیز مثل بروز مه و باران و گرد و غبار، منجر به نویزی شدن داده ها و بروز آشفتگی اشعه یعنی جابجایی آن از جهت پخش اولیه میشود و در نتیجه اشعه در یک مسیر رندم منحرف می‌گردد[۴]. تحت تاثیر مساله فوق، شدت پرتو لیزر

---

[1] occlusion

کاهش می‌یابد که یکی از اثرات این امر وقوع پیکسل‌های جاافتاده[1] می‌باشد که در آن به علت ضعیف بودن، پالس لیزر برگشتی، توسط گیرنده دریافت نشده و پیکسل مورد نظر بدون داده ثبت می‌شود[۴]. از دیگر اثرات شرایط بد آب و هوایی، برگشت نادرست مسیر پرتو لیزر به دلیل برخورد با ذرات باران یا گرد و غبار است که به آن اثر چند مسیری[2] می‌گویند. در نواحی با باران شدید این پدیده می‌تواند نتایج را کاملاً مغشوش ساخته و ابر نقطه را غیر قابل استفاده نماید[۴].

۳- ارزیابی کیفیت ابر نقاط در یک تجربه عملی

برای مشاهده اثرات برخی از این عوامل برکیفیت ابر نقاط برداشتی حاصل، از داده هایی که میری (۱۳۸۵) در پایان نامه کارشناسی ارشد خود از زمین والیبال دانشکده مهندسی نقشه‌برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی تهیه کرده بود استفاده گردید. بر اساس داده‌های فوق‌الذکر، خطاهای فیزیکی دستگاه(مثل مشکلات موجود در آینه یا فاصله‌یاب لیزر و خطاهای محوری دستگاه) و همچنین اثرات حاصل از تغییرات شرایط آب و هوایی به دلیل عدم بروز پدیده خاصی در هنگام برداشت، قابل آشکارسازی نبودند. برداشت ابر نقاط توسط لیزر اسکنر Riegl LMS360i و از سه ایستگاه صورت پذیرفت. برخی از مشاهدات حاصل در زمینه خطاها به شرح زیر می باشند:

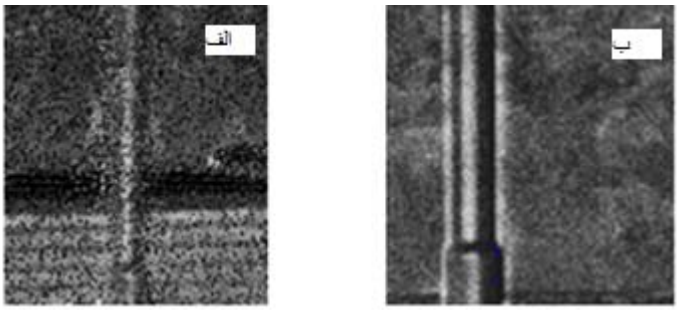
الف) در بررسی اثر قدرت تفکیک، همانگونه که در شکل (۶) دیده می شود، لبه دیوار زمانی که به صورت دقیق[3] اسکن شده است(شکل۶- ب)، در مقایسه با حالتی که به شکل پنوراما اسکن گردیده است(شکل۶- الف)، حاوی داده‌های مناسب‌تر و کامل‌تری است و بنابراین مشاهده می شود که با حدتفکیک دقیق‌تر اسکنر قادر است ابر نقاط را با کیفیت قابل اطمینان‌تری ارائه بدهد.

شکل۶. اثر حدتفکیک بر کیفیت داده های برداشتی

ب) هنگام برداشت اطلاعات لبه، به شکلی که بیان گردید، اغلب لیزراسکنرها یا بدلیل جاافتادگی لبه و یا برخورد لکه لیزر به هر دو سطح اطراف لبه به صورت همزمان، دچار مشکل می‌گردند. ابر نقاط بعد از دریافت پرتوهای حاصل از تیر چراغ برق درشکل (۷- الف) مشاهده می شوند. البته در مورد این عارضه با توجه به اینکه رنگ تیر چراغ برق از نوع نقره‌ای متالیک است، وجود ذرات ریز اکلیلی تشکیل دهنده این رنگ نیز موجب انحراف هر چه بیشتر پرتوهای لیزر و بوجود آمدن هاله‌ای در اطراف این عارضه در مقایسه با شکل اصلی آن که در تصویر (۷- ب) دیده می‌شود، گردیده است. این مسئله همانگونه که ذکر شد، امروزه از مهم‌ترین مشکلات موجود در ابر نقاط

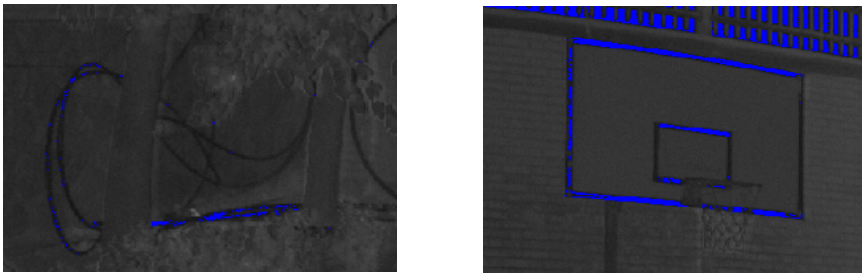
[1] dropout pixel
[2] multipath
[3] Fine scan

برداشتی توسط لیزراسکنرها می‌باشد که کاربران را ملزم به استفاده از روش‌های فتوگرامتری به عنوان مکمل می‌نماید.



شکل۷. نحوه برداشت اطلاعات لبه توسط لیزر اسکنر

ج) به عنوان نمونه‌ای از اشیائی با رنگ سیاه در محوطه، می توان به لوله‌های پلاستیکی واقع در گوشه شمال غربی زمین اشاره نمود. در قسمت‌های تمیز لوله، نقطه‌ای برداشت نشده است(در تصویر به رنگ آبی نشان داده شده اند) ولی در قسمت‌های گرد و غبار گرفته(سایر منحنی‌های سیاهرنگ)، نقاطی از سطح لوله برداشت شده است. این موضوع در خصوص نوار سیاهرنگ دور تخته بسکتبال نیز صدق می کند(شکل ۸). با توجه به این امر، استفاده از لیزر اسکنر در مدلسازی عوارض سیاه رنگ و یا با رنگ بسیار تیره مناسب به نظر نمی رسد.

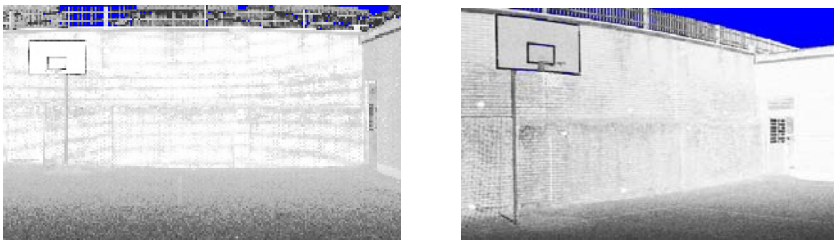


شکل۸. ابر نقطه حاصل از لوله‌های پلاستیکی و تخته بسکتبال و اثر بازتاباندگی آن‌ها

د) همانگونه که بیان گردید، در برداشت اسکن از سطح مرطوب، ابر نقطه‌ای در ناحیه مرطوب شده به دلیل جذب پرتوهای لیزر خالی باقی می‌ماند. شکل (۹) نمایش دهنده اسکن این محدوده در یکی از ایستگاه‌ها می باشد که به نوعی این مطلب را تأیید می‌نماید. با توجه به این موضوع استفاده از لیزر اسکنر ها در تعیین خط مرز عوارض آبی مثل دریاها و دریاچه ها مناسب به نظر می رسد.

شکل۹. اثر رطوبت در ابر نقاط برداشتی

ه) از عوامل مشاهداتی دیگر همانگونه که در شکل (۱۰) دیده می شود، اثرات فاصله و زاویه برخورد، بر کیفیت داده‌های برداشتی است. به طوریکه بیان گردید مشاهده می‌شود که با تغییر فاصله و زاویه برخورد پرتو لیزر با عوارض مورد نظر، ابر نقاط، حاوی اطلاعات متفاوتی خواهند شد. همچنین به شکلی که در تصویر دیده می شود مکان دستگاه و مناسب بودن شبکه طراحی شده برای برداشت داده‌ها، بر نتایج حاصل و کامل بودن آن‌ها موثر می باشد.

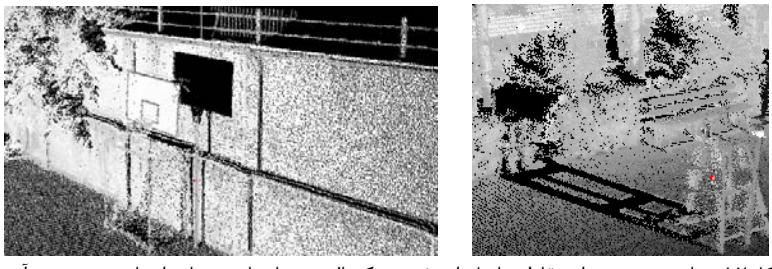


شکل۱۰. اثر فاصله لیزر اسکنر و زاویه برخورد پرتو لیزر و همچنین مکان دستگاه بر کیفیت ابر نقاط

و) حرکت انسان‌ها و گاهاً خود عارضه از عوامل دیگری است که بر کیفیت داده‌های برداشتی و صحت آن‌ها و کامل بودن اطلاعات حاصل اثرگذار می باشد. نمونه ای از این تاثیر در شکل (۱۱) دیده می شود. هنگام برداشت، چون در باز و بسته شده است، اطلاعات آن در دو اسکن مختلف، به صورت متفاوت جمع آوری شده است و این موضوع، ارزیابی داده‌های برداشتی در را دچار مشکل می سازد.

شکل۱۱. تاثیر حرکت عارضه بر داده های برداشتی توسط لیزر اسکنر

ز) از مواردی که به عنوان مانع انجام مشاهدات وجود داشت، تخته بسکتبال واقع در ضلع شمالی محوطه بود که باعث گردید مستطیل کوچکی در پشت این تخته از دید اسکنر مخفی بماند. نمونه دیگری از این اثر در پشت چهار پایه موجود در زمین مشاهده می شود(شکل۱۲). در چنین شرایطی برای برداشت اطلاعات به صورت کامل، لازم است دستگاه در چند ایستگاه مستقر گردد.



شکل۱۲. نمای سه بعدی ابر نقاط حاصل از تخته بسکتبال و چهار پایه و سایه ایجادی در پشت آن ها

۴- نتایج و پیشنهادات:

در این مقاله پس از بیان انواع تقسیم‌بندی‌های صورت گرفته توسط محققین مختلف، عوامل مهم و تاثیرگذار بر کیفیت داده‌های لیزر اسکنر به انواع دقت اندازه‌گیری طول و زاویه دستگاه، قدرت تفکیک لیزر اسکنر، خطاهای محوری، غیر انتخابی بودن فواصل نمونه‌برداری، فاصله عارضه تا لیزراسکنر، تاثیرات لبه عارضه، خصوصیات بازتابندگی سطح، پارامتر توجیه سطح، حرکت عارضه، وجود سایه و عوارض مزاحم و نویزها، نوع شبکه طراحی شده، مکان لیزراسکنر و شرایط محیطی تقسیم گردیدند. بعد از آن اثر هر یک از موارد فوق به تفصیل مورد ارزیابی قرار گرفت و نهایتاً با مشاهده عملی اثرات برخی از این عوامل بر کیفیت داده‌های برداشتی توسط دستگاه Riegl LMS360i، مشخص شد که، گرچه در مقایسه با روش‌هایی مثل فتوگرامتری، این فناوری منجر به افزایش سرعت برداشت وکاهش زمان محاسبات می‌شود، اما با توجه به بروز مشکلاتی که ذکر شد، در خیلی از موارد، از جمله هنگام برداشت جزئیات اصلی عارضه همانند شکاف‌ها و گوشه‌ها و یا برای تعیین موقعیت دقیق لبه‌ها و حذف داده‌های اشتباه و نویزها می بایست استفاده از روش‌های مکمل فتوگرامتری و نقشه‌برداری، جهت برداشت دقیق‌تر و تکمیل صحت اطلاعات بکار گرفته شود. همچنین استفاده از مدل‌های کالیبراسیون برای بهبود کیفیت نتایج حاصل از این ابزار امری لازم به نظر می رسد. به همین منظور، به عنوان کارهای آینده پیشنهاد می‌گردد که، در خصوص روش‌های کالیبراسیون داده‌های برداشتی توسط لیزر اسکنر و ارائه مدل‌هایی جهت مدل نمودن هر چه مناسب تر خطاها و کاهش میزان آن‌ها تلاش‌های بیشتر صورت پذیرد.

تقدیر وتشکر

از آقای مهندس میری که از داده‌های پایان نامه ارشد ایشان جهت بررسی‌های مورد نظر در این مقاله بهره جستیم، قدردانی می نماییم.

مراجع

[۱] : میری، سید محسن، ارزیابی کمی و کیفی فن آوری لیزر اسکنر زمینی دوربرد، ۱۳۸۵، دکتر ورشوساز، مسعود، گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

[۲] : سعادت سرشت، ۱۳۸۷، محمد، ایده ای نو در اتوماسیون شبکه برای لیزر اسکنر زمینی، مجله مواد مهندسی، شماره۱، ۱۳-۲۴.

[3]:Lichti, D.D., Licht, M., 2006, Experiences with terrestrial laser scanner modeling and accuracy assessment, Isprs Volume XXXVI, Part 5, pp. 25-27.

[4]:Yuriy, Reshetyuk, 2009, Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanner, InternationalArchives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, vol.XXXVI, part 3/W19, pp. 186-191.

[5]:Lichti, D.D., 2007, Error modeling,calibration and analysis of an AM-CW terrestrial laser scanner system, Photogrammetry and remote sensing, No. 61, pp. 307-324.

[6]: Lichti, D.D., 2008, A method to test differences between additional parameter sets with a case study in terrestrial laser scanner self-calibaration stability analysis, Photogrammetry and remote sensing, No.63, pp. 169-180.

[7]: Damir, Latypov , Effects of laser beam alignment tolerance on lidar accuracy, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 59, Issue 6, November 2005, Pages 361-368