

سنجنده لیدار و کاربردهای آن

دکتر عبدالله سیف

استادیار دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان

طیبه محمودی

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی دانشگاه اصفهان

چکیده

فرآیند تولید اطلاعات توپوگرافی در سه دهه اخیر، شاهد حرکت تکنولوژی تهیه داده‌ها، از نقشه‌برداری سنتی و زمینی به سمت روش‌های غیر فعال^(۱) اندازه‌گیری و ثبت سطوح (مانند فتوگرامتری و سنجش از دور) و اخیراً به سمت روش‌های فعال^(۲) (مانند رادار و لیدار)^(۳) بوده است. لیدار^(۴) یک تکنیک جمع‌آوری اطلاعات از سطح اشیاء است که بر مبنای اندازه‌گیری فاصله بوسیله لیزر عمل می‌کند. اندازه‌گیری لیدار برای اصل استوار است که مختصات هر نقطه روی زمین با مشخص بودن مختصات محل ارسال لیزر، اندازه‌گیری طول فاصله مایل بین نقطه ارسال پالس و سطح زمین و اندازه‌گیری زاویه ارسال موج از محل ارسال پالس تا سطح زمین قابل محاسبه می‌باشد. تصاویر مربوط به داده‌های لیدار به ابعاد ۶۹۷*۴۷۲ پیکسل هستند. در واقع، تکنولوژی لیدار ابزار مکملی جهت اخذ اطلاعات سه بعدی در کنار فتوگرامتری فضایی و سنجش از دور است. مهمترین فاکتوری که از این دستگاه به دست می‌آید، فاصله بین سنسور و سطح زمین است که با محاسبه مدت زمان طی شده از هنگام برخورد پالس به سطح زمین تا بازگشت آن به سنسور اندازه‌گیری می‌شود. بعلاوه فاصله بین سطح پرواز هواپیما و سطح زمین هم به طور مداوم اندازه‌گیری گردیده و نتیجه به دست آمده از آن سطح زمین و پوشش گیاهان را نیز مشخص می‌کند. محصولاتی که از لیدار بدست می‌آید مدل رقومی ارتفاعی و مدل رقومی سطحی است. از لیدار می‌توان خصوصیتی از جمله پارامترهای داخل پلات مثل میانگین ارتفاع درخت، سطح تاج پوشش، ارتفاع تاج پوشش، قطر برابر سینه، تک درختان و ساختار جنگل را استخراج نمود. این مقاله سعی دارد ضمن معرفی سنجنده لیدار نحوه عملکرد و کاربردهای آن را بررسی نماید. واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، فاصله، لیدار، لیزر، موج.

مقدمه

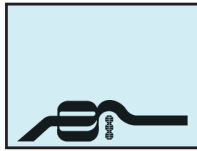
اطلاعات توپوگرافی مانند نقشه و مدل رقومی زمین^(۵) یکی از نیازهای اساسی بسیاری از علوم و افرادی است که در زمینه‌هایی نظیر مدیریت شهری، مدیریت و طراحی انتقال نیرو، احداث راه‌ها و بزرگراه‌ها، مدیریت سواحل و منابع آبی به فعالیت می‌پردازند (Ackermann, 1999; Flood, 2003) در این راستا، علوم مهندسی ژئوماتیک به عنوان اصلی‌ترین مرجع در زمینه برداشت و ارائه اطلاعات توپوگرافی از تغییرات و پیشرفت‌های علوم مختلف برای بهینه سازی روند تولید اطلاعات توپوگرافی استفاده کرده است و به سمت روش‌هایی سوق پیدا می‌کند که اطلاعات مورد نیاز را دقیق‌تر، سریع‌تر و ارزان‌تر فراهم نماید. فرآیند تولید اطلاعات توپوگرافی در سه دهه اخیر، شاهد حرکت تکنولوژی تهیه داده‌ها، از نقشه‌برداری سنتی و زمینی به سمت روش‌های غیر فعال اندازه‌گیری

و ثبت سطوح (مانند فتوگرامتری و سنجش از دور) و اخیراً به سمت روش‌های فعال (مانند رادار و لیدار) بوده است. به عبارتی سنجش از دور شامل اندازه‌گیری و ثبت انرژی بازتابی از سطح زمین و جو پیرامون آن از یک نقطه مناسب بالاتر از سطح زمین است. پرتوهای بازتابی که از نوع امواج الکترومغناطیس هستند، می‌توانند دارای منابع گوناگونی همانند پرتوهای خورشیدی، پرتوهای حرارتی اجسام یا حتی پرتوهای مصنوعی باشند. پرتوهای بازتابیده شده از اجسام زمینی توسط سنجنده‌های ویژه‌ای به صورت قابل نمایش و پردازش ثبت و ذخیره می‌شوند. سنجنده‌ها یا فعال هستند یا غیر فعال. سنجنده‌ی لیدار یکی از انواع سنجنده‌های فعال به شمار می‌رود.

لیدار

لیدار یک تکنولوژی جدید و رو به رشد است که امکان ایجاد مدل رقومی سطح زمین^(۶) را با سرعت بالاتر و با دقت قابل مقایسه با روش‌های سنتی نقشه برداری، فتوگرامتری فراهم می‌سازد (Charaniyaetal.,2004;Flood, 1999;Fowler, 2000) با توجه به پیشرفت‌های اخیر در توانایی‌های سیستم‌های لیدار و گسترش روزافزون روند بکارگیری اطلاعات قابل جمع‌آوری در این سیستم‌ها در کشورهای مختلف، به نظر می‌رسد علوم مهندسی ژئوماتیک بطور اعم و فتوگرامتری بطور اخص در سال‌های آینده شاهد تحولات بنیادی در خصوص بکارگیری این تکنولوژی خواهد بود. محصول سیستم لیدار ابری از نقاط در یک سیستم مرجع سه بعدی است که هر نقطه از آن یک نمونه از سطح منطقه می‌باشد. قبل از اینکه داده‌های نمونه‌برداری شده توسط سیستم لیدار برای مدل‌کردن قابل استفاده باشند باید پردازش شوند. در تکنیک‌های نمونه‌برداری (به غیر از نقشه‌برداری زمینی) نمونه‌ها نه تنها شامل زمین بدون پوشش می‌باشند بلکه عوارض (ساختمان‌ها، درختان و ...) نیز در آنها موجود می‌باشند. پیش پردازش یا همان فیلترکردن داده‌های لیدار، بدین منظور انجام می‌شود که نمونه‌های مربوط به زمین بدون پوشش را از نمونه‌های اخذ شده از عوارض جدا کند. (Axelsson, 1999; Vosselman, 2000; Hu, 2003; Sithole, 2005)

فیلترکردن فرآیند بسیار مهمی است چرا که کیفیت داده‌های فیلتر شده اثر مستقیم بر کیفیت مدل‌کردن دارد. به طریق دیگر، خطاهای موجود در داده‌های فیلتر شده به مدل رقومی زمین (DTM) انتقال پیدا می‌کند. بنابراین، واضح است که در هنگام تولید مدل رقومی زمین از داده‌های لیدار انتخاب روش مناسب فیلترکردن بسیار مهمتر از روش تولید (DTM, TIN, GRID ...) خواهد بود. از این رو پیش پردازش داده‌های لیدار از اهمیت زیادی برخوردار است. فیلترکردن داده‌ها به دو روش عمده، دستی^(۷) و اتوماتیک قابل انجام است.



پیشینه

در دهه اخیر، لیدار بعنوان ابزاری جهت ثبت مدل رقومی سطح زمین، پذیرفته شده است و در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از قابلیت‌های لیدار، پتانسیل بالای داده‌های آن در استخراج اتوماتیک DTM است. جهت استخراج DTM، عوارض سه بعدی موجود بایستی جداسازی و حذف گردند. در سال‌های اخیر، تحقیقات گسترده‌ای جهت یافتن یک الگوریتم مناسب برای جداسازی عوارض سه بعدی سطح زمین و استخراج مدل رقومی زمین از مدل رقومی سطح (داده‌های لیدار) انجام پذیرفته است. در این میان، استفاده از تکنیک‌های مختلف خوشه‌بندی به دلیل قابلیت بالای اتوماسیون آنها، توجه ویژه‌ای را به خود معطوف نموده است. در ادامه برخی تحقیقات انجام شده در این زمینه به اجمال بیان می‌گردد.

Elmqvist از الگوریتمی استفاده کرده است که با استفاده از مدل‌های فعال، شکل سطح زمین را تخمین می‌زند (Elmqvist, 2001). این روش برمبنای انطباق یک مدل قابل انعطاف بر مدل رقومی سطح با استفاده از روش حداقل کردن انرژی عمل می‌نماید. در مورد داده‌های لیدار مدل فعال شکل به صورت یک غشای معلق در زیر نقاط داده شده رفتار می‌کند. نحوه اتصال این غشاء به نقاط، توسط یک تابع انرژی کنترل می‌شود. برای اتصال غشاء متحرک به نقاط زمینی باید به گونه‌ای عمل شود که تابع انرژی غشاء حداقل شود. پیچیدگی بالای محاسبات و دقت نسبتاً کم از معایب این روش می‌باشد.

سون و همکاران، در یک فرآیند دو مرحله‌ای، مدل TIN اولیه منطقه را محاسبه نموده و سپس آنرا به صورت افزایشی متراکم می‌کنند (Sohn et al., 2002). این دو مرحله را اصطلاحاً متراکم سازی روبه بالا و متراکم سازی روبه پایین می‌نامند. پس از انجام آخرین مرحله متراکم سازی، TIN نمایشگر سطح زمین خواهد بود و نقاطی که خارج آن قرار می‌گیرند، متعلق به عوارض منطقه هستند. هزینه بالای محاسباتی این روش، خصوصاً در پردازش توده نقاط بسیار متراکم، از محدودیت‌های مهم این روش است.

در مدل تحقیقاتی Roggero، ابتدا یک عملگر محلی بر روی داده‌ها اعمال می‌شود تا تقریب اولیه‌ای برای سطح زمین ایجاد شود (Roggero, 2001). سپس فاصله و اختلاف ارتفاع محاسبه شده نسبت به پایین‌ترین نقطه وزندهی و در محاسبات رگرسیون به صورت مشاهده وارد می‌شوند. پارامترهای تخمین زده شده و انحراف از معیار آنها جهت محاسبه بیشترین اختلاف ارتفاع از خط رگرسیون در فواصل معین از پایین‌ترین نقطه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این اختلاف ارتفاعات، یک منحنی بدست می‌آید که تقریب اولیه‌ای از سطح زمین ارائه می‌دهد. در مرحله بعد، با توجه به فاصله نقاط از سطح اولیه، به گروه‌های «سطح زمین»، «عوارض»، و «طبقه‌بندی نشده» تقسیم می‌شوند. با استفاده از این روش نمی‌توان ساختمان‌ها و گیاهان را بخوبی از هم مجزا نمود.

(Arefi et al, 2003) با استفاده از یک شبکه عصبی پرسپترون دو لایه، داده‌های لیدار را خوشه‌بندی نموده‌اند. محدودیت اصلی این روش، حساسیت زیاد الگوریتم به انتخاب پارامترهای مرحله آموزش شبکه می‌باشد. علاوه بر این، با توجه به عدم استفاده از داده‌های مرجع مناسب، بررسی دقت نهایی این تحقیق، فاقد اعتمادپذیری کافی می‌باشد. ریگر و همکاران در سال ۱۹۹۹

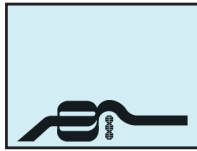
از داده‌های لیدار برای استخراج راه‌ها در مناطق جنگلی استفاده کردند. هو. وای در سال ۲۰۰۳ روشی را برای استخراج راه‌ها با استفاده از داده‌های فاصله و شدت لیدار ارائه کرد. در این روش از آستانه‌های تعیین شده شدت و فاصله، متناسب با راه‌ها و یک تابع عضویت نمایی استفاده شده است. الهارتی و بتل در سال ۲۰۰۳ روشی را برای استخراج خودکار راه‌ها از داده‌های لیدار ارائه کردند. در این روش با اعمال محدودیت‌هایی متناسب با خصوصیات راه بر روی داده‌ها، راه‌ها استخراج شدند. هاگر و برنر در سال ۲۰۰۳ از داده‌های لیدار برای استخراج راه‌ها و پارامترهای هندسی آن استفاده کردند. در روش ایشان از تکنیک بخش‌بندی داده‌ها استفاده شده است. هو. ایکس و همکاران در سال ۲۰۰۴ الگوریتمی را برای استخراج راه‌ها از داده‌های لیدار و تصاویر قدرت تفکیک بالا ارائه دادند. کلود و همکاران در سال ۲۰۰۴ الگوریتمی را برای استخراج راه‌ها از داده‌های لیدار و تصاویر قدرت تفکیک بالا ارائه دادند. هو و همکاران در سال ۲۰۰۴ از روش طبقه‌بندی Clode سلسله مراتبی برای استخراج خودکار راه‌ها استفاده کردند و اکل و همکاران در سال ۲۰۰۵ از روش رشد ناحیه برای استخراج راه‌ها و داده‌های فاصله و شدت لیدار استفاده کردند، ازو و همکاران در سال ۲۰۰۵ روشی را برای استخراج راه‌ها از داده‌های لیدار ارائه دادند که در آن از تکنیک بخش‌بندی استفاده می‌شود. لی و همکاران در سال ۲۰۰۸ روشی را بر پایه پردازش موازی برای استخراج راه‌ها از داده‌های فاصله و شدت لیدار ارائه کردند. هاروی و همکاران در سال ۲۰۰۸ از داده‌های لیدار و تصاویر چندطیفی برای استخراج راه‌ها و مناطق قابل عبور استفاده کردند. پژوهش حاضر ابتدا به معرفی داده‌های مورد استفاده و همچنین تشریح الگوریتم پیشنهادی پرداخته و سپس نتایج حاصل از اعمال الگوریتم روی داده‌ها را ارائه کرده است.

بحث و بررسی

لیدار LIDAR مخفف عبارت Light Detection And Ranging

لیدار یک تکنیک جمع‌آوری اطلاعات از سطح اشیاء است که برمبنای اندازه‌گیری فاصله بوسیله لیزر عمل می‌کند. این سیستم اولین بار در حدود سال ۱۹۷۰ توسط ناسا^(۸) و بعد از آن توسط سایر سازمان‌های عموماً آمریکائی، کانادائی و استرالیایی به کار گرفته شد (Flood 1999; Irish and Lillycrop, 1999; Schenk, 1999) در متون مختلف، علاوه بر عبارت لیدار از عبارات دیگری مانند LAdar^(۹) و ALS^(۱۰) و ALTM^(۱۱) نیز برای معرفی این تکنولوژی استفاده می‌شود (Song et al., 2002; Wehr and Loehr, 1999).

اندازه‌گیری لیدار براین اصل استوار است که مختصات هر نقطه روی زمین با مشخص بودن مختصات محل ارسال لیزر، اندازه‌گیری طول فاصله مایل بین نقطه ارسال پالس و سطح زمین و اندازه‌گیری زاویه ارسال موج از محل ارسال پالس تا سطح زمین قابل محاسبه می‌باشد. با مشخص بودن بردار \vec{L} (بردار موقعیت مرکز ارسال لیزر که توسط مشاهدات جی پی اس^(۱۲) مشخص می‌شود) و بردار r (طولی که توسط طولیاب لیزری اندازه‌گیری می‌شود). بردار P که حاوی مختصات نقاط است، با استفاده از رابطه (۱) قابل محاسبه می‌باشد. (نگاره ۱)



$$\vec{p} = \vec{L} + \vec{r}$$

رابطه (۱)

اساساً لیدارها دارای دو دسته‌بندی کلی هستند:

Coherent Lidars

این لیدارها از نوع انرژی مستقیم بوده‌اند. ساختار آنها به این صورت می‌باشد که پرتوهای لیزر در همان راستای اولیه به سمت هدف تابانده می‌شوند و با استفاده از بازتاب آنها می‌توان فاصله و مکان هدف را تشخیص داد. این نوع لیدارها از اپتیک‌های خطی استفاده می‌کنند و فاصله‌یابی آنها نیز از فرمول‌های اپتیک خطی پیروی می‌کنند.

Incoherent Lidars

ساختار لیزری این نوع لیدارها نیز مشابه کوهرنت لیدارها می‌باشد، اما به جای استفاده از اپتیک خطی، از اپتیک‌های غیر خطی استفاده می‌شود. به این صورت که پس از ایجاد پرتو لیزر، این پرتو به سمت اپتیک‌های غیر خطی هدایت می‌شوند تا با فرآیندی مکانیکی این پرتو در فضا منتشر شود و قسمت بیشتری از فضا را زیر پوشش خود گیرد. پس از برخورد این امواج به هدف می‌توان از هدف مورد نظر تصویری با کیفیت بالا به دست آورد. اما هر دوی این لیدارها دارای یک دسته‌بندی هستند و آن هم دسته‌بندی توانی لیزرهاست. در دسته‌بندی اول لیزرهای میکروپالس قرار می‌گیرند، هر پالس این لیزرها توانی کمتر از میکروژول دارد و هدف توسط این پالس‌های کم قدرت بمباران می‌شود تا بتوان از هدف تصویری به دست آورد. اما دسته دوم لیزرهای توان بالاتر قرار می‌گیرند که استفاده از آنها برای بررسی شرایط جوئی ابرها، چگالی ابرها و... به کار می‌رود. استفاده از این لیزرها شرایط منحصر به فردی دارد و باید در ارتفاعی مناسب نصب شوند، همچنین برای نزدیک شدن به آنها باید شرایط ایمنی لیزرها مانند استفاده از عینک‌های محافظ را رعایت کرد. این نوع لیدارها در بدترین شرایط جوئی نیز به کار خود ادامه می‌دهند.

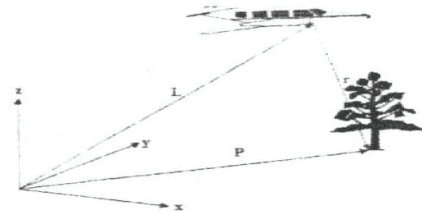
اجزای تشکیل دهنده لیدارها

الف) فرستنده

معمولاً لیزرهای مورد استفاده این نوع سیستم‌های سنسجش از راه دور لیزرهایی با طول موج بین ۶۰۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر می‌باشد. لیزرهای در این رنج بسیار ارزان قیمت می‌باشند اما باید در نظر داشت که این محدوده از امواج به راحتی توسط چشم جمع‌آوری می‌شوند و می‌توانند آسیب‌های جبران‌ناپذیری را به چشم وارد نمایند لذا برای جلوگیری از ایجاد آسیب‌های چشمی از توان‌های پایین این لیزرها استفاده می‌شود. وظیفه این بخش تولید نور و هدایت آن به درون محیط است. لیزرها را می‌توان به عنوان منابعی تقریباً ایده‌آل برای انجام این وظیفه انتخاب نمود. خواصی چون واگرایی کم، پهنای فرکانسی باریک و پالس‌هایی با پهنای زمانی کم با توان‌هایی بالا از مزایای پرتوهای لیزری می‌باشند. کوچک‌بودن واگرایی پرتوهای لیزری این مزیت را دارد که با استفاده از آن می‌توان منطقه کوچک و دلخواهی از محیط را مورد بررسی قرار داد و به این وسیله میزان تفکیک (تفکیک سطحی) را بالا برد.

ب) گیرنده

سیستم دریافت‌کننده یک لیدار، تابش‌های پراکنده شده از هدف را جمع‌آوری می‌نماید و آنها را به درون سیستم آشکارساز لیدار هدایت می‌کند. این



نگاره ۱: نحوه بررسی مختصات نقاط

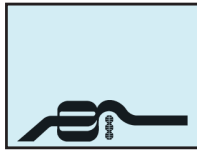
داده‌های لیدار دارای ساختار شبکه‌ای منظم‌اند و فاصله بین نقاط شبکه ۱ متر است. تصاویر مربوط به داده‌های لیدار به ابعاد ۶۹۷*۴۷۲ پیکسل هستند. در واقع، تکنولوژی لیدار ابزار مکملی جهت اخذ اطلاعات سه بعدی در کنار فتوگرامتری فضایی و سنسجش از دور است.

شما حتماً با رادار^(۱۳) آشنا هستید و می‌دانید که در رادار از پالس‌های قدرتمند امواج رادیویی تولید شده، برای برخورد به هدف و بازگشت و جمع‌آوری آن توسط آنتن‌های بشقاب فلزی استفاده می‌کنند. حال در لیدار در اغلب موارد برای هدف‌گیری از نور قوی لیزر استفاده می‌کنند که طول موج آن می‌تواند در سه ناحیه فرابنفش، مرئی و مادون قرمز باشد. بدین صورت که پالس تولید شده توسط لیزر (یا باریکه پرتو لیزر) به هدف (هر چیزی مانند اتمسفر، ابر، آلودگی‌ها و ذرات موجود در هوا، هواپیمای در حال حرکت در آسمان یا حتی اتومبیل شما در جاده که توسط دوربین سنسجش سرعت پلیس شناسایی می‌شود و...) برخورد می‌کند و موج بازگشته توسط سیستم تلسکوپ و سنسور لیدار جمع‌آوری شده و توسط مجموع الکترونیک آن نسبت به موج اولیه تاییده شده مورد بررسی قرار می‌گیرد و با توجه به تغییراتی که در آن به وجود آمده نتیجه‌گیری می‌کند، که این تغییرات می‌تواند مثلاً اینها باشند:

۱- اندازه‌گیری زمان رفت و برگشت پالس و استفاده از رابطه آن با سرعت نور می‌توان فاصله را تشخیص داد.

۲- مقایسه طیف فرکانسی شدت می‌باشد بطوری که دو پرتو با شدت‌های یکسان و با دو طول موج متفاوت به سمت هدف گسیل می‌شود. بسته به نوع ماده جذب تنها برای یکی از این پرتوها (طول موج‌ها) اتفاق می‌افتد و پرتو دیگر جذب نمی‌شود. از مقایسه شدت این دو پرتو می‌توان غلظت شیمیایی و میزان خسارت را پیش‌بینی کرد. علاوه بر این در موارد دیگری نیز با بررسی اسپکتروسکوپی طیف پرتو بازتابی نوع مواد عناصر موجود در هدف را نیز می‌توان تشخیص داد.

۳- اصل شیفت فرکانس داپلری که برای تشخیص سرعت به کار می‌رود. اگر هدف در حال حرکت باشد نور بازتاب شده از آن که توسط سیستم آشکارسازی می‌شود دارای یک شیفت فرکانس خواهد بود. بطوری که اگر هدف در حال نزدیک شدن باشد نور بازتابی طول موج کوتاه‌تری دارد و اگر در حال دور شدن باشد نور بازتابی دارای طول موج بلندتری خواهد بود. با بررسی میزان شیفت فرکانسی می‌توان سرعت حرکت هدف را با دقت بسیار خوبی محاسبه کرد (Chaouch, A.2006).

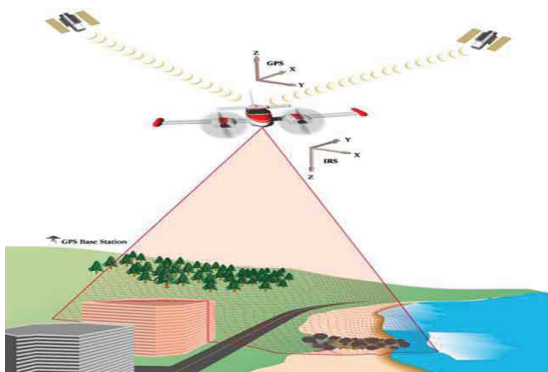


تفاوت‌های لیدارها و رادارها را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد.

- ۱- لیدارها از نور لیزر و یک تلسکوپ / اسکنر استفاده می‌کنند در حالی که رادارها از امواج رادیویی و یک آنتن بشقابی استفاده می‌کنند.
- ۲- در یک هوای صاف بازتاب‌های یک سیستم رادار ممکن است ناشی از برخورد با یک شیء مزاحم باشد. همچنین تغییرات رطوبت، دما و فشار می‌تواند به عنوان یک منبع موج رادیویی عمل کند.
- ۳- میزان واگرایی پرتو لیزری در لیدارها در حدود سه یا چهار برابر از واگرایی امواج رادیویی در رادارها کمتر است. برای همین میزان برد مفید و مسافتی که توسط لیزر طی می‌شود بیشتر خواهد بود.
- ۴- نور لیزر دارای واگرایی بسیار کمتری از امواج رادیویی است. از طرف دیگر محدوده طیفی تابش‌های لیزری شامل خط‌های جذبی بسیاری از مواد و عناصر می‌باشد و این باعث می‌شود که استفاده از لیزر در سنجش از دور به اطلاعات بیشتری راجع به ساختار مواد منجر شود.

موقعیت لیزر لیدار

داشتن موقعیت دقیق لیزر لیدار در طول زمان برداشت بسیار مهم و اساسی است. این امر با استفاده از تکنولوژی تعیین موقعیت تفاضل نسبی^(۱۴) انجام می‌گیرد. DGPS بر اساس استفاده از دو گیرنده GPS که همزمان به ثبت اطلاعات موقعیت مشغول هستند، می‌باشد. یک گیرنده در ایستگاه زمینی قرار دارد که موقعیت مسطحاتی و ارتفاعی آن به صورت دقیق با نقشه برداری زمینی تعیین می‌شود. گیرنده دوم بر روی سنجنده نصب شده که موقعیت آنتن لیدار را در طول زمان برداشت و جمع‌آوری می‌کند. بعد از اینکه داده‌های لیدار جمع‌آوری شد، داده‌های دو گیرنده GPS با داشتن موقعیت معلوم آنتن ایستگاه اصلی، مورد پس پردازش قرار می‌گیرد تا موقعیت دقیق آنتن لیدار در کل زمان پرواز تعیین شود (نگاره ۳). دقت موقعیت سنجنده به طور کلی بیشتر از ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر می‌باشد. خروجی در واحد طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح بیضوی در سیستم مختصات WGS84 می‌باشد.

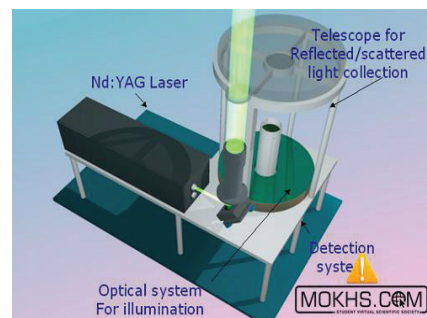


نگاره ۳: موقعیت آنتن لیدار

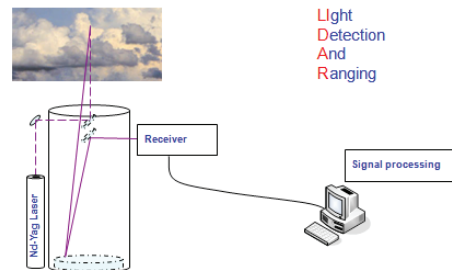
توجیه آنتن لیدار

داشتن اطلاعات توجیه آنتن لیدار در طول زمان برداشت بسیار مهم و اساسی است. این امر با استفاده از تکنولوژی IMU انجام می‌گیرد.

سیستم به طور معمول از دو بخش اپتیکی و قسمت تجزیه‌گر تشکیل شده است. ساده‌ترین وسیله اپتیکی مورد استفاده می‌تواند یک آینه باشد که نور پراکنده شده از محیط را در یک نقطه کانونی نماید. اندازه سیستم اپتیکی عاملی مهم در سیستم‌های لیداری است. یک سیستم اپتیکی بزرگ (با دهانه بزرگ) قادر به جمع‌آوری میزان زیادی از تابش‌های پراکنده شده است. قطر دهانه سیستم اپتیکی می‌تواند از چند سانتی‌متر تا چند متر متغیر باشد. معمولاً سیستم‌های اپتیکی با دهانه کوچک را برای دورحسی در فواصل نزدیک به کار می‌برند. بعد از اینکه پرتوهای نوری توسط قسمت اپتیکی جمع‌آوری شد، قبل از رسیدن به سیستم آشکارساز مورد تحلیل قرار می‌گیرند. این تحلیل‌ها بسته به هدف ما می‌تواند بر اساس قطبش، طول موج و یا فاصله باشد.



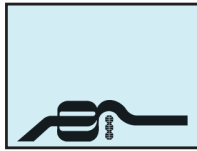
THE REMOTE SENSING LIDAR TECHNIQUE



نگاره ۲: اجزای لیدار

ج) آشکارساز

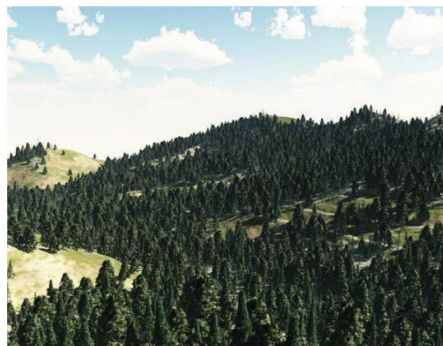
آشکارسازهای نوری به وسایلی اطلاق می‌شود که نسبت به نور فرودی حساس بوده و نور پراکنده شده از جسم را که به گیرنده می‌رسد، آشکار می‌کنند. این وسایل بسته به نوع کاربرد، به دو دسته کلی «آشکار کننده‌های سیگنال» و «تصویر» تقسیم می‌شوند. آشکار کننده‌های سیگنال نور را از قسمت دریافت‌کننده گرفته و شدت را به صورت تابعی از فاصله ترسیم می‌نمایند. در این نوع آشکارسازها علی‌رغم وجود تفکیک عمقی، تفکیک سطحی وجود ندارد. از این قبیل وسایل می‌توان چند برابر کننده‌های نوری (MCT و PMT, PIN, APD) را نام برد، این در حالی است که در آشکار کننده‌های تصویر که سیگنال نوری را به صورت تصویر در خروجی نمایش می‌دهند، از قبیل CCD, ICCD, Streak Camera، تفکیک عمقی و سطحی هر دو وجود دارد (Maune, D., 2001).



تغییرات اقلیمی از اهمیت بسزایی برخوردار است. دی‌اکسیدکربن بخش کوچکی از اتمسفر اطراف زمین را تشکیل می‌دهد و بخش عمده آن تا ارتفاع ۳۰ متری از سطح زمین را اشغال می‌کند.



نگاره ۵: تک درختان



نگاره ۶: ساختار جنگل

فناوری لیدار که در مرکز فضایی گودارد ناسا طراحی شده است، از لیزر در طیف مادون قرمز استفاده می‌کند که در زمان گذر از اتمسفر و برخورد موج به زمین قسمتی از آن توسط مولکول‌های دی‌اکسیدکربن جذب می‌شود. بنابراین، براساس مقدار جذب موج توسط دی‌اکسید کربن، میزان این گاز در اتمسفر اندازه‌گیری می‌شود. جذب موج در طول موج‌های مختلف طیف الکترو مغناطیس متفاوت است و از این رو استفاده از لیدار با پهنای باند بالا به اندازه‌گیری هرچه دقیق‌تر میزان دی‌اکسید کربن کمک می‌کند. با نصب تجهیزات روی سکوی DC ناسا و اجرای دو پرواز ۴ ساعته بر فراز کالیفرنیا، عملکرد دستگاه آزمایش شد. نتایج، حاکی از موفقیت این ابزار بوده و اعضای تیم امیدوارند که تجهیزات آنها برای نصب روی سکوی ASCENDS نیز انتخاب شود. در عین حال، در ماه جولای سال ۲۰۱۱ تجهیزات دیگری نیز برای آزمایش روی سکوی DC- نصب شده و به پرواز درآمد.

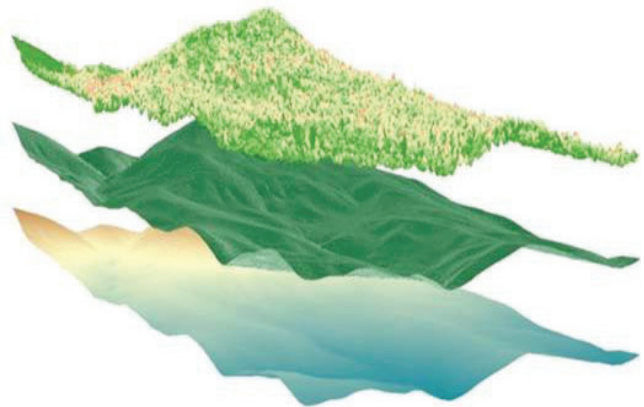
دستگاه دقیق لیدار فقط می‌تواند اطلاعات ارتفاعی را جمع‌آوری نماید. جهت دسترسی به اطلاعات کامل و سه بعدی از منطقه اسکن شده می‌بایست موقعیت نقاط نیز شناخته شوند. به همین منظور یک جی پی اس با دقت بالا بر بالای بدنه هواپیما سوار شده است. همزمان که حسگرهای لیدار اطلاعات ارتفاعی را ضبط می‌کنند، حسگرهای جی پی اس نیز موقعیت نقاط را برداشت و ضبط می‌کنند پس از اتمام پرواز اطلاعات به وسیله ی یکسری از نرم‌افزارهای مخصوص پردازش می‌شوند. محصول نهایی کار، نقاطی هستند که از نظر طولی، عرضی و ارتفاعی (x,y,z) دارای دقت بالا و صحت زیادی می‌باشند.

این اطلاعات به ما این امکان را می‌دهد تا یک مدل ارتفاعی رقومی^(۱۵)

بعد از اینکه داده های لیدار جمع آوری شد، داده های حاصل از IMU با داده های حاصل از GPS مورد پس پردازش قرار می‌گیرد. فایل خروجی شامل اطلاعات موقعیت (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از بیضوی فرانس) و توجیه سنجنده (roll, Pitch, yaw) می‌باشد. بنابراین همان طوری که گفته شد لیداریک تکنولوژی سنجش ازدور پیشرفته است که خصوصیات نوری حاصل از برخورد امواج به اجسام در فاصله دور را اندازه می‌گیرد. لیدار به ما این توانایی را می‌دهد تا داده‌های سه بعدی با رزولیشن ودقت بالا تولید کنیم (Burtch, R., 2002).

محصولات لیدار

محصولاتی که از لیدار بدست می‌آید مدل رقومی ارتفاعی و مدل رقومی سطحی است. تفریق این دو مدل از هم تاج پوشش را می‌دهد. (نگاره ۴) این توضیح را به خوبی نشان می‌دهد.

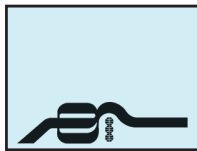


نگاره ۴: تفریق دو مدل رقومی ارتفاعی و رقومی سطحی

در (نگاره ۴) بهترین باز پایین به بالا مدل رقومی ارتفاعی، مدل سطح ارتفاعی و مدل ارتفاعی تاج پوشش نشان داده شده است.

تولیدات لیدار

از لیدار می‌توان خصوصاتی از جمله پارامترهای داخل پلات مثل میانگین ارتفاع درخت، سطح تاج پوشش، ارتفاع تاج پوشش، قطربرابرسینه، تک‌درختان (نگاره ۶) و ساختار جنگل (نگاره ۷) را استخراج نمود. این اطلاعات می‌تواند در تحقیقات اکولوژی و جنگل مثل مدیریت بیوماس، حفاظت بیولوژیکی و آتش‌سوزی‌ها مورد استفاده قرار گیرد. بسیاری از سنجنده‌ها پیش از نصب روی سکوهای ماهواره‌ای، ابتدا در هواپیماها نصب شده و آزمایش می‌شوند تا از موفقیت آنها در شرایط محیطی نزدیک به فضا اطمینان حاصل شود. سنجنده لیدار با پهنای باند بالا که برای نصب روی سکوی فضا برد ASCENDS طراحی شده است، در سکوی هوا برد DC ناسا آزمایش شد. پرتاب این ماهواره در فاصله سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۰ صورت خواهد پذیرفت و هدف این مأموریت اندازه‌گیری منابع، نحوه توزیع و تغییرات میزان گاز دی‌اکسیدکربن در سطح زمین با دقت بالاست. پایش گاز دی‌اکسیدکربن برای درک بهتر چرخه کربن در کره زمین و مدل‌سازی



از سطح زمین داشته باشیم.

لازم به ذکر است. در مواقعی که باد به شدت در حال وزیدن است، نمی‌توان عمل پرواز و برداشت نقاط را انجام داد چون پالس‌های برگشتی از زمین به سمت لیزر به درستی ضبط نمی‌شوند.

برخی از محاسن و معایب استفاده از سنسورهای لیدار محاسن

۱. میزان صحت و دقت بالا

۲. لیدار به راحتی می‌تواند از پوشش گیاهی عبور کرده و سطح زمین را نقشه‌برداری کند که این کارموفقیت بزرگی در شیوه سنتی نقشه‌برداری هوایی و فتوگرامتری است.

۳. دقت عمودی بالای ۱۵ سانتی‌متری و تراکم بالای نقاط مورد اسکن در هر متر مربع

۴. رزولوشن بالای دستگاه لیدار باعث ایجاد مدل‌های دقیق‌تر و بهتر می‌گردد.

۵. سنسورهای لیدار معایب یواس‌جی‌اس (شیوه سنتی) را ندارد و پرتوهای آن در شرایطی مثل نقشه‌برداری از سیل هم اطلاعات توپوگرافی را مهیا می‌سازد.

۶. تراکم نقاط هوایی در لیدار بسیار بیشتر از شیوه سنتی است.

۷. اطلاعات به دست آمده از لیدار را می‌توان برای پیش‌بینی تغییراتی که در اثر بالا آمدن آب دریا پیش می‌آید بکار برد.

۸. داده‌های لیدار را می‌توان مستقیماً در سیستم اطلاعات جغرافیایی^(۱۶) به کار برد.

معایب

۱. عواملی که دقت لیدار را تحت تأثیر قرار می‌دهند: بادهای در ارتفاع بالا، برف خیس، باران، مه و....

۲. شرحی بودن هوا و وجود ابر در ارتفاع پایین.

۳. پرهزینه بودن استفاده از لیدار.

۴. هنگامی که در معرض امواج رادیویی و مخابراتی قرار می‌گیرد دقت آن کاهش می‌یابد.

۵. فرمت داده‌های لیدار برای تمام کاربران شناخته شده نیست

(Laake et al 2000).

کاربردهای سیستم لیدار

این سیستم‌ها کاربردهای مختلفی دارند که می‌توان آنها را به ۴ دسته کلی تقسیم‌بندی کرد.

کاربرد در هیدروگرافی

کاربرد در جنگل‌داری

کاربرد در توسعه شهری

کاربرد در فتوگرامتری و سنجش از دور.

کاربرد در هیدروگرافی

لیدار ابزار ایده آلی برای اندازه‌گیری سریع عمق آب‌های سطحی و ارتفاعات زمین‌های اطراف سواحل است و تنها سیستم لیدار است که می‌تواند

در یک عملیات نقشه‌برداری هر دو اطلاعات هیدروگرافی و توپوگرافی را جمع‌آوری کند. لیدار هیدروگرافی اندازه‌گیری‌های سریع و مترامی را از نواحی ساحلی ساحلی تهیه می‌کند، میزان حجم کانال‌های کم عمق را تعیین می‌کند، حرکات شن‌های کنار سواحل را دنبال می‌کند، به تهیه نقشه تپه‌های مرجانی کمک می‌کند، عمق را برای چارت‌های دریایی تهیه می‌کند، به هم پیوستگی‌های بین تغییرات عمق سنجی در فواصل دور از ساحل و شکل خطوط ساحلی را آشکار می‌سازد، کمک به پروژه‌های لوله‌گذاری و کابل‌کشی می‌نماید، نمایش پویایی رسوبات را انجام می‌دهد، پیش‌بینی میزان آب ناشی از آب شدن برف‌ها را می‌کند. یکی از مهمترین پارامترها در مطالعه هیدرولیک دشت‌های سیلابی، جهت جاری شدن آب است. لیدار این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان سطح را بازسازی نمود و زوایای شیب را محاسبه کرد که این خود کمک شایانی در محاسبه سریع، آسان و دقیق جهت جریان آب می‌کند.

موضوع مهم دیگر در بحث پیش‌بینی و دنبال کردن تغییرات، اطلاعات حاشیه رودخانه‌ها و جا به جایی آن در طول زمان است که با روش‌های فتوگرامتری و سنجش از دور بسیار زمان‌بر و پرهزینه خواهد بود. در مقابل این، لیدار راه حل سریع و بهینه را با کیفیت مطلوب ارائه می‌کند. به دلیل طبیعت غیر تصویری داده‌های لیدار که در آن عوارض رانمی‌توان به سادگی تشخیص داد (مقایسه کنید با داده‌های تصویری)، نیاز به توسعه روش‌های مستحکم و کارآمد پردازش تصویر به جهت تفسیر و بازسازی سطح عوارض مربوطه از داده‌های لیدار که در تحقیقات کنونی لیدار و الگوریتم‌های ارائه شده کمبود آن احساس می‌شود، وجود دارد.

کاربرد در جنگل‌داری

ارزیابی ترکیب و ساختار جنگل از فواصل دور بسیار مشکل است اما برای کمک به مدیریت جنگل نمایش اطلاعات مهم ضروری می‌باشد. تکنولوژی لیدار ابزار جدیدی برای جمع‌آوری و به کارگیری چنین اطلاعاتی است. مخصوصاً برای اندازه‌گیری ارتفاع درختان که برای ارزیابی منابع طبیعی اهمیت فوق‌العاده‌ای دارند. آنالیز ساختار موجود تصاویر هوایی، GPS، جنگل، که از ترکیب داده‌های لیدار با داده‌های رقومی و تصاویر فتوگرامتری با دقت بالا بدست می‌آید امکان تفسیر لایه‌های مختلف گیاه، درخت، تراکم، درجه اختلال و سایر پارامترهای جنگل را با اعتماد بالا فراهم می‌آورد. به طور کلی ۵ مقوله مهم تحقیقی در کاربردهای جنگل‌داری مطرح هستند (Birnbaum, 2001). این مقوله‌ها عبارتند از:

استخراج مدل رقوم زمین

استخراج ارتفاع پوشش گیاهی

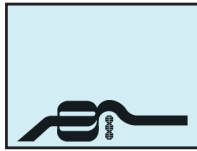
استخراج متغیرهای آماری از داده‌های لیزر

استخراج اطلاعات تک درخت با استفاده از روش‌های پردازش تصویر

ترکیب داده‌های تصویر هوایی و ماهواره‌های لیدار

کاربرد در توسعه و مدل‌سازی شهری

شامل دو مرحله است. اول، ساختمان باید در میان داده‌های لیدار تشخیص داده شود و طرح تقریبی ساختمان باید تعیین شود. در مرحله بعد، ساختمان‌ها باید به صورت هندسی بازسازی شوند، که نتیجه آن مدل‌های چند وجهی از ساختمان‌ها خواهد بود. به هر حال، باید این نکته را در



افزایش یا کاهش آن را مشخص کنند. یک سیستم که برپایه ماهواره icesat فعالیت می‌کند متعلق به ناسا است که از یک سیستم لیدار برای چنین اهدافی بهره می‌برد. نقشه‌برداری توپوگرافی هوایی ناسا به طور گسترده برای زیر نظر گرفتن یخچال‌های طبیعی استفاده می‌شود و آنالیزهای تغییرات ساحلی را انجام می‌دهد (Wright, S., 2004).

فیزیک و ستاره‌شناسی

شبکه جهانی رصدخانه‌ها از لیدار برای اندازه‌گیری فاصله بازتاب کننده‌هایی که بر روی ماه قرار دارند استفاده می‌کند و این امکان را فراهم می‌نماید که جایگاه ماه را با دقت بالا در حدود میلی‌متر مشخص کند و تست‌های نسبت عمومی انجام شوند. در ماهواره mola ارتفاع سنح لیزری که دور مریخ می‌چرخد از یک ابزار با فناوری لیدار در ماهواره‌ای که به دور مریخ می‌چرخد استفاده شده‌است. برای ایجاد یک نقشه برداری توپوگرافیک دقیق و کامل از سیاره سرخ، در سپتامبر ۲۰۰۸ فضاییامی phoenix (که متعلق به ناسا است) توانست برف را در اتمسفر مریخ پیدا کند. در فیزیک اتمسفری، لیدار به عنوان یک ابزار آشکارساز راه دور برای اندازه‌گیری چگالی اجزاء معینی از لایه‌های میانی و بالایی اتمسفر مثل پتاسیم، سدیم یا مولکول‌های نیتروژن و اکسیژن به کارگرفته می‌شود. این اندازه‌گیری‌ها را می‌توان برای محاسبه درجه حرارت استفاده کرد. همچنین از لیدار برای اندازه‌گیری سرعت باد و اطلاعاتی درباره اغتشاشات عمودی ذرات کلئیدی موجود در هوا استفاده نمود. در تأسیسات تحقیقات همجوشی هسته‌ای jet در انگلیس نزدیک Abingdon, Oxfordshire از لیدارهایی با فناوری پراکندگی تامسون برای معین کردن چگالی الکترون و درجه حرارت پلاسما استفاده می‌شود.

بیولوژی و حفاظت از منابع طبیعی

لیدار همچنین کاربردهای فراوانی در جنگل داری دارد. ارتفاعاتی که پوشش گیاهی دارند، اندازه گیری‌های بیومس و نواحی دارای پوشش گیاهی همگی می‌توانند بوسیله سیستم‌های لیدار هوایی مورد مطالعه قرار گیرند. در اقیانوس‌شناسی، لیدار برای تخمین فیتوپلانکتون‌های فلوئورسنت و به طور کلی زیست توده در لایه‌های سطحی اقیانوس استفاده می‌شود. کاربرد دیگر عمق سنجی هوایی نواحی دریایی که برای کشتی‌های نقشه بردار بسیار کم عمق است می‌باشد.

به علاوه، اتحادیه Red woods حامی پروژه‌ای است که در آن درخت ماموت‌های بلند در سواحل شمالی کالیفرنیا را نقشه‌برداری می‌کند. لیدار به محققان اجازه می‌دهد که نه تنها ارتفاع درخت‌هایی که قبلاً نقشه برداری نشده‌اند را اندازه‌گیری کند بلکه تنوع زیستی جنگل Red woods را نیز بررسی کند.

استفان سیلت^(۷) که با این گروه در سواحل شمالی همکاری می‌کند اظهار می‌کند که این تکنولوژی در هدایت کردن تلاش‌های آینده برای حفظ و نگهداری درخت‌های باستانی Red woods بسیار مؤثر خواهد بود (Burch, R., 2002).

نظر داشت که هنوز مشکلات زیادی در استخراج ساختمان‌های پیچیده و سقف‌های غیر مسطح وجود دارد. به خاطر خصوصیات منحصر به فرد داده‌های لیدار (مثل اطلاعات سه بعدی، خطادار و نقطه‌ای) کمتر بر روی استخراج راه از داده‌های لیدار کار شده است و راه‌حل‌های موجود مناسب این نوع از داده‌ها نیستند.

کاربرد در فتوگرامتری

با در نظر گرفتن طبیعت داده‌های فتوگرامتری و لیدار مشاهده می‌شود که این دو سیستم، اطلاعات مکملی را ایجاد می‌کنند. بدین منظور مرحله اول، توجیه مطلق مدل فتوگرامتری با مدل‌های لیدار است. سپس در مرحله بعدی، می‌توان از هر دو دسته از داده‌ها برای توصیف بهتر عوارض و استخراج آنها بهره برد. به هر حال، تلفیق داده‌های فتوگرامتری با لیدار در مراحل ابتدایی خود به سر می‌برد.

کاربردهای لیدار در عملیات لرزه نگاری

تعیین شیب: پیش برنامه‌ریزی برای مکان‌های چشمه و مشخص کردن نوع چشمه و تعیین مناطق استقرار و موقعیت‌یابی کارگران برای کار کردن در مسیرهای شیبدار.

بازده عملیات: استفاده از مقادیر ارتفاعی به دست آمده از لیدار برای نقاط لرزه‌ای به جای برداشت آنها با واحدهای GPS می‌تواند بازدهی عملیات را به خصوص در شرایط پوشش گیاهی سنگین افزایش دهد.

شناسایی عملیاتی خطرات مانند: عوارض پرشیب و پوشش گیاهی سنگین و زیرساخت‌های میدان نفتی خطوط نفتی و بالشتک‌های چاه و جاده‌ها. **ایجاد نقشه و مدل رقومی ارتفاعی:** لیدارها به عنوان پیش زمینه استفاده می‌شوند و توانایی ایجاد تم‌های مختلف را فراهم می‌کنند.

ارتباط رادیویی: مدل‌های عبور و دریافت رادیویی به تعیین موقعیت تکرار کننده سیگنال کمک می‌کند.

برنامه‌ریزی لجستیکی و ایمنی: شبیه‌سازی‌های پروازی روی نقشه‌های دیجیتال، یک تجسم از شرایط زمین و خطراتی که در هر مسیر عبور وجود دارد را فراهم می‌کند.

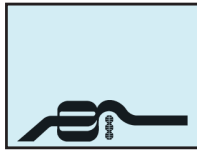
به جز کاربردهای بالا کاربرد بسیار گسترده‌ای برای لیدار وجود دارد.

زمین‌شناسی

در زمین‌شناسی و زلزله‌شناسی ترکیبی از لیدارهایی که پایه هواپیمایی دارند و GPS به صورت ابزارهای مهمی برای تشخیص دادن گسل‌های اندازه‌گیری فشار بالا برنده ظاهر شده‌اند. حاصل این دو تکنولوژی می‌تواند مدل‌های دقیق هوایی را برای عوارض زمین ایجاد کند که حتی می‌تواند ارتفاع زمین را از میان درختان اندازه‌گیری کند.

این ترکیب در معروف‌ترین کاربرد خود برای تعیین مکان گسل Seattle در واشنگتن آمریکا استفاده شده‌است. این ترکیب همچنان برای اندازه‌گیری فشار بالارونده در mt.st.helent استفاده شده‌است.

با استفاده از اطلاعات قبل و بعد از رانش سال ۲۰۰۴، لیدارهای هوایی یخچال‌های طبیعی را زیر نظر دارند و این توانایی را دارند که مقدار دقیق



نظامی

یکی دیگر از کاربردهای لیدار در ترافیک برای اندازه‌گیری سرعت وسایل نقلیه است، به عنوان یک جایگزین برای تفنگ‌های راداری. این تکنولوژی برای این کاربرد به اندازه کافی کوچک است که در یک تفنگ دستی (دوربین) قرار گرفته و سرعت یک وسیله نقلیه مشخص را در جریان ترافیک اندازه‌گیری کند. برعکس رادار که برای اندازه‌گیری سرعت به Doppler shift وابسته بود، لیدار به اصول زمان حرکت پرتو برای محاسبه سرعت وابسته است. دستگاه‌های معادل که بر پایه سیستم‌های راداری هستند گاهی ممکن است نتوانند وسیله نقلیه مشخص را از جریان ترافیک تمیز دهند و معمولاً برای اینکه در دست قرار بگیرند بزرگ هستند. لیدار دارای این مزیت ویژه است که می‌تواند وسیله نقلیه مشخص را در موقعیت ترافیک درهم ریخته تشخیص دهد.

وسایل نقلیه

لیدار در سیستم‌های (Acc) (Adaptive Cruise control) برای اتومبیل‌ها استفاده می‌شود. چنین سیستم‌هایی توسط SiemensHella، از یک افزاره لیدار که در جلو خودرو قرار داده شده‌است مثل سپرماشین، برای زیر نظر گرفتن فاصله خودرو با هر خودرویی که در جلو آن قرار دارد استفاده می‌نماید. در حالتی که خودرو جلویی سرعت خود را کم کند یا خیلی نزدیک شود Acc ترمز را فعال می‌کند تا خودرو سرعتش کم شود. زمانی که مسیر جلو خالی است Acc به خودرو اجازه می‌دهد که سرعت را که راننده از قبل تعیین کرده است افزایش دهد.

باستان‌شناسی

لیدار این امکان را برای باستان‌شناسان فراهم می‌کند که بتوانند مدل‌های ارتفاعی دیجیتالی (Dems) با وضوح بالا از مکان‌های باستانی بسازند و می‌توانند توپوگرافی در حد میکرو را آشکار کنند اگر چه با پوشش گیاهی پوشیده پنهان شده باشد. اطلاعات بدست آمده از لیدار به آسانی می‌توانند در سیستم اطلاعات جغرافیایی گنجانده شوند. برای آنالیز و ترجمه به عنوان مثال در Fort Cumberland national – Fort Beauséjour historic site در کانادا. سابقاً ویژگی‌های باستان‌شناسی کشف نشده‌ای نگاشته شده بود که مربوط به قطعه نظامی Fort در ۱۷۷۵ بود. ویژگی‌هایی که از روی زمین یا از طریق عکس‌های هوایی غیرقابل تشخیص بود، با روی هم قرار دادن سایه‌های تپه‌های بدست آمده از Dem که با نورپردازی مصنوعی از زاویه‌های مختلف ساخته شده بودند تشخیص داده شدند. با استفاده از لیدار توانایی ایجاد مجموعه داده‌های سریع و به نسبت ارزان یک مزیت محسوب می‌شود. فراتر از کارایی، قابلیت آن در نفوذ کردن در زیر جنگل موجب کشف گونه‌هایی شده‌است که از طرق سنتی زمین سه بعدی غیر قابل تشخیص بوده‌است و با روش نقشه برداری زمینی نیز سخت می‌باشد. (Baltsavias, E., 1999).

هواشناسی و محیط جوی

در اولین سیستم‌های لیدار برای مطالعه ترکیبات اتمسفری، از ساختار،

ابرها، و ذرات کلئیدی موجود در هوا استفاده می‌شد. در ابتدا بر پایه لیزرهای سرخ، لیدار برای کاربردهای مربوط به هوا ساخته شد. مدتی کوتاه بعد از اختراع لیزر و ارائه یکی از اولین کاربردهای فناوری لیزر، ساده‌ترین نوع لیدار به نام Plasticbackscatterlidar اختراع و به طور ویژه و معمول برای مطالعات ذرات کلئیدی موجود در هوا و ابرها استفاده شد. **لیدار چهار نوع است:**

Differential Absorption Lidar (DIAL):

برای اندازه‌گیری غلظت یک گاز مشخص در اتمسفر استفاده می‌شود. مثل ازن، دی اکسیدکربن یا بخار آب، لیدار دو طول موج را ارسال می‌کند. طول موج «on-line» که بوسیله گاز مورد نظر جذب می‌شود و «off-line» جذب نمی‌شود. تفاضل در مقدار جذب بین دو طول موج، اندازه تمرکز گاز موردنظر به صورت تابعی از رنج است.

Raman LIDAR:

برای اندازه‌گیری تمرکز گازهای اتمسفری استفاده می‌شود ولی می‌تواند برای بازیابی پارامترهای ذرات کلئیدی موجود در هوا هم استفاده شود. این نوع لیدار از گاز پراکندگی ناکشسان بهره می‌برد تا گاز مورد نظر را از بقیه اجزای سازنده اتمسفر جدا کند. قسمت کمی از انرژی نور ارسال شده در گاز باقی می‌ماند. در طی فرآیند پراکندگی نور، نور پراکنده شده را به طول موج بلندتری شیف‌ت می‌دهد که با توجه به ویژگی گاز مورد نظر یکتا است. هر قدر تمرکز گاز مورد نظر کمتر باشد، دامنه سیگنال باز پراکنده شده بیشتر خواهد بود.

Doppler LIDAR:

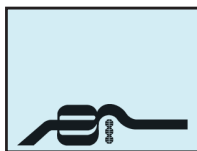
برای اندازه‌گیری سرعت باد در امتداد پرتو نور به کار می‌رود. با اندازه‌گیری شیف‌ت فرکانسی نور باز پراکنده شده، لیدارهایی که برای اسکن استفاده می‌شوند مثل NASA SHARLIE LIDAR برای اندازه‌گیری سرعت بادهای اتمسفری در یک مخروط سه بعدی بزرگ استفاده شده‌اند. مأموریت بادی ESA. که ADM-Aeolus نام دارد با این نوع لیدار تجهیز خواهند شد تا امکان اندازه‌گیری جهانی بادهای عمودی را فراهم کند. این سیستم در مسابقات المپیک تابستانی ۲۰۰۸ استفاده شد. برای اندازه‌گیری‌های سرعت بادها در مسابقات قایقرانی، DopplerLIDAR اخیراً به طور موفقیت‌آمیزی در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر نیز استفاده می‌شوند مثل تعیین کردن سرعت باد، اغتشاش، تغییر جهت باد یا اطلاعات مربوط به تغییرات سمتی باد و هر دو سیستم‌های پالسی و موج پیوسته استفاده می‌شوند. سیستم‌های پالسی از سیگنال‌های زمانی استفاده می‌کنند تا فاصله عمودی را به وضوح بدست آورد در حالی که سیستم‌های موج پیوسته به تمرکز آشکارساز اکتفا می‌کنند.

Synthetic Array LIDAR:

امکان تصویرسازی را بدون نیاز به آشکارساز آرایه‌ای فراهم می‌کند. می‌توان از آن برای تصویرسازی سرعت سنجی دایر، تصویرسازی بسیار سریع، هم‌چنان برای کاهش رنگ در لیدارهای «coherent» استفاده کرد. (Axelsson, P., 1999).

لیدار چگونه اطلاعات را از سطح زمین جمع‌آوری می‌کند؟

بر اساس اطلاعات به دست آمده از تحقیقات، مهمترین فاکتوری که



- 13) Edwards, P.N., Christie, J.M., 1981. Yield Models for Forest Management. Forestry Commission Booklet 48.
- 14) Gougeon, F.A., Leckie D.G., 2003. Forest information extraction from high spatial resolution images using an individual tree crown approach. Canadian Forest Service. Information Report BC-X-396.
- 15) H. Masaharu, and K. Ohtsubo (2002). A Filtering Method of Airborne Laser Scanner Data for Complex Terrain. Commission III, Working Group III/3.
- 16) Hirata, Y., Sato, K., Shibata, M., Nishizono, T., 2003. The capability of helicopter-borne laser scanner data in a temperate deciduous forest. Scandlaser Workshop. Umea. Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Resource Management and Geomatics. Working paper 112 2003. ISSN 1401-1204.
- 17) Laake, A., and Insley, M., 2004. Application of satellite imagery to seismic survey design: THE LEADING EDGE, Vol. 23, no.10, 1062-1064.
- 18) Maune, D., 2001. Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Bethesda, MD.
- 19) Wright, S., 2004. Azimuth and Offset in Design of Successful 3-D Survey: Geophysical Corner columns in AAPG Explorer.
- 20) Wagman, M., and Sfara, R., 2005. Applications of LIDAR in seismic acquisition and processing: 66th Ann internat. Mtg: Soc. of Expl. Geophys., 1033-1040

بی نوشت

- 1- Passive
- 2- Active
- 3- Light
- 4- LIDAR (Light Detection And Ranging)
- 5- Digital Terrain Model
- 6- Digital Surface Model
- 7- Manual
- 8- National Aeronautics and Space Administration
- 9- Laser Detection And Ranging
- 10- Airborne Laser Scanning
- 11- Airborne Laser Terrain Mapping
- 12- GPS (Global Positioning System)
- 13- RADAR (Radio Detection And Ranging)
- 14- DGPS (Differential Global Positioning System)
- 15- DEM
- 16- GIS
- 17- Estephan Sillett

از این دستگاه به دست می آید، فاصله بین سنسور و سطح زمین است که با محاسبه مدت زمان طی شده از هنگام برخورد پالس به سطح زمین تا بازگشت آن به سنسور اندازه گیری می شود. به علاوه فاصله بین سطح پرواز هواپیما و سطح زمین هم به طور مداوم اندازه گیری گردیده و نتیجه به دست آمده از آن سطح زمین و پوشش گیاهان را نیز مشخص می کند. سنسورهای لیدار مستقیماً پراکندگی سه بعدی آسمان سیاره و آنچه که در آن وجود دارد را و همچنین توپوگرافی سطح زمین را به دست می دهد که به این طریق نقشه هایی با قدرت تفکیک بالا در اختیار کاربر قرار می دهد. این نقشه ها با دقت بسیار بالایی، ارتفاع و نوع پوشش گیاهی و اجرام روی آنها در آسمان را برآورد می کنند. نیروی لیزر و قطر دهانه دریافت کننده، تعیین کننده حداکثر ارتفاع هواپیماست که عرض باریکه تحت تابش را در هر پالس تعیین می کند.

منابع و مأخذ

- 1) Ackermann, F., 1999. Airborne laser scanning. Present status and future expectations. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 54, 64–67.
- 2) Axelsson, P., 1992. Minimum description length as an estimator with robust properties. In: Foerstner, W., Ruwedel, S. (Eds.), Robust Computer Vision. Wichmann, Eerlag, Karlsruhe, pp. 137–150.
- 3) An Introduction to Lidar (LESSON5), www.ferris.edu/htmls/academics/course.offerings/burtchr/sure382/Lessons/LESSON5.htm accessed 19/2/2002.
- 4) Axelsson, P., 1999. Processing of laser scanner data-algorithms and applications. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 54, pp. 138–147.
- 5) Axelsson, P., 2000. DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. Inte
- 13) Abanmy, F., Khamees, H., Scarpate, F., & Vonderohe, A. (1995). An evaluation of DEM and ortho-photo generation on OrthoMAX. ACSM/ASPRS, 2, 489±487.
- 6) Baltsavias, E., 1999. A comparison of 7) Baltsavias, E. P. (1999a). Airborne laser scanning: Basic relations and formulas. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54, 199–214.
- 7) Burtch, R., 2002. LIDAR Principles and applications: IMAGIN Conference, Traverse City, MI.
- 8) Brandtberg, T., Warner, T.A., Landenberger, R.E., McGraw, J.B., 2003. Detection and analysis of individual leaf-off tree crowns in small footprint, high sampling density lidar data from the eastern deciduous forests in North America. Remote Sensing of Environment 85, 290–303.
- 9) Birnbaum, P. (2001). Canopy surface topography in a French Guiana forest and the folded forest theory. Plant Ecology, 153(1–2), 293–300.
- 10) Baltsavias, E. P. (1999). A comparison between photogrammetry and laser scanning. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54, 83±94.
- 11) Clark, D. B., Read, J. M., Clark, M. L., Murillo Cruz, A., Fallas Dotti, M., & Clark, D. A. (2004). Application of 1-m and 4-m resolution satellite data to studies of tree demography, stand structure and land-use classification in tropical rain forest landscapes. Ecological Applications, 14 (1), 61–74.
- 12) Chaouch, A., and Mari, J. L., 2006. 3D Land Seismic Surveys: Definition of Geophysical Parameters Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP, Vol. 61, No. 5, pp. 611- 630. between photogrammetry and laser scanning. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 54, 83–94.