

مصرفی سیستم لیدار (LIDAR)

گردآوری و ترجمه:

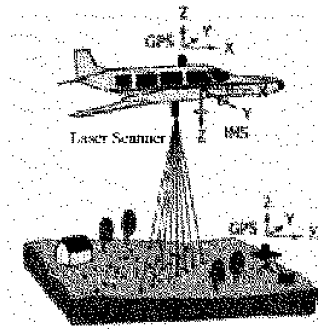
مهندس جواد جعفری
کارشناس نقشه برداری

مهندس ابوالفضل آقایی میبدی
کارشناس ارشد سنجش از دور

مقدمه

امروزه با پیشرفت و توسعه تکنولوژی، ابزار مختلفی بمنظور کسب اطلاعات از سطح زمین بکار گرفته می شود. استفاده از عکسهای هوایی که توسط دوربینهای نصب شده در هواپیما اخذ شدند، منجر به علم فتوگرامتری گردید. در این سیستم با عکسبرداری از منطقه با پوششهای مناسب و فرآیند تصحیح تصاویر، نقشه سه بعدی منطقه تهیه می شود. پس از آن با پیدایش تکنولوژی ماهواره ها، تصویربرداری از سطح زمین آغاز شده و علم سنجش از دور پدید آمد که بصورت فعال و غیر فعال به کسب اطلاعات از زمین پرداخت.

امروزه سیستمهای فعال که در آن سنجنده به عنوان مولد موج الکترومغناطیس، محدوده مشخصی از طول موج را به سمت هدف ارسال نموده و بازگشت امواج را ثبت می نمایند، عرصه جدیدی را به وجود آورده است که اطلاعات متنوعی را ارائه می دهند. بطور کلی در تصویربرداری اپتیکی (نوری) فقط اطلاعات مربوط به دامنه ثبت می شود، اما توسط سنجنده های فعال که رادار و LIDAR از آن دسته اند، اطلاعات دیگری نیز ثبت می گردند. در این مقاله به معرفی سیستم LIDAR پرداخته می شود.



نگاره ۱: طرز کار سیستم LIDAR

LIDAR

LIDAR (Ligh Detection And Ranging) یک تکنولوژی شبیه به رادار است که با ارسال موج لیزر به سمت عارضه و دریافت آن، با ثبت شدت موج رسیده و اندازه گیری زمان رفت و برگشت موج، تصویر عارضه را ثبت و فاصله را محاسبه می نماید.

در سیستم LIDAR که به نام های Laser Radar یا Optical Radar و ALSM (Airborn Laser Swath Mapping) بیان می گردد، از فرکانسهای نوری استفاده می شود. این تکنولوژی قادر است فاصله بین

سنجنده تا شیء یا یک سطح را توسط پالس های لیزری اندازه گیری نماید. مانند سیستم رادار که از امواج رادیویی و راداری و با اندازه گیری زمان ارسال موج تا دریافت موج، فاصله را محاسبه می کند، سیستم LIDAR از نور یا لیزر بدین منظور استفاده می نماید. تفاوت اصلی LIDAR و RADAR در طول موج های مورد استفاده می باشد. در LIDAR از طول موج های بسیار کوچک که نوعاً در محدوده ماوراء بنفش، مرئی یا مادون قرمز نزدیک است، استفاده می شود. اما در RADAR از امواج با طول موجهای بلند در محدوده ماکروویو استفاده می شود. لازم به ذکر است طول موجهای بکار گرفته شده در LIDAR حدوداً ۱۰,۰۰۰ تا ۱۰۰,۰۰۰ برابر کوچکتر از طول موجهای سیستم رادار است.

در LIDAR ممکن است از موج پیوسته (Continuous wave) و یا پالس (Pulse) بصورت متمرکز و یا پرتوهای موازی استفاده شود.

امواج پیوسته در LIDAR هنگامی استفاده می شود که فواصل کوتاه و پریودهای طولانی مورد نظر باشد. در مواردی که از لیزر و بصورت پالس استفاده می شود از توان بسیار بالاتری در طول کار استفاده می شود، بنابراین نسبت سیگنال به نویز (S/N) بیشتر است. در سیستمهای LIDAR که از پالس استفاده می شود معمولاً برای اندازه گیری فواصل دور استفاده می گردد. LIDAR ممکن است دارای یک فرستنده و یک گیرنده بصورت جداگانه باشد (Bistatic) و یا دارای یک بخش بوده که در آن ارسال و دریافت امواج صورت می گیرد (Monostatic). سیستم Monostatic بدلائل زیر در اندازه گیری علمی ترجیح داده می شود:

- امتدادگذاری و نشانه روی، هر دو در یک مسیر قرار می گیرند.
- ارسال و دریافت داده ها از یک محل صورت می گیرد.
- فقط یک دستگاه وجود دارد.

در برخی از سیستمهای LIDAR به نام Coherent Laser Radars (CLR) علاوه بر اطلاعات دامنه و زمان، اطلاعات فاز (Phase) نیز ثبت می شوند.

بطور کلی سه نوع سیستم LIDAR وجود دارد:

● Range Finder LIDAR: از ساده ترین نوع LIDAR است. این نوع LIDAR برای اندازه گیری فاصله بین LIDAR تا عارضه خاص استفاده می شود.

● Differential Absorption LIDAR (DIAL): از این سیستم LIDAR برای اندازه گیری توده های شیمیایی از قبیل ازن، بخار آب و آلودگیها در اتمسفر استفاده می شود. یک DIAL از دو طول موج متفاوت

لیزر استفاده می‌کند و به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که یکی از طول موجها توسط مولکولهای مورد نظر جذب شده و دیگری عبور کند. از طریق اختلاف بین مقادیر سیگنالهای بازگشتی دو طول موج می‌توان به وجود مولکولهای مورد نظر در اتمسفر پی برد.

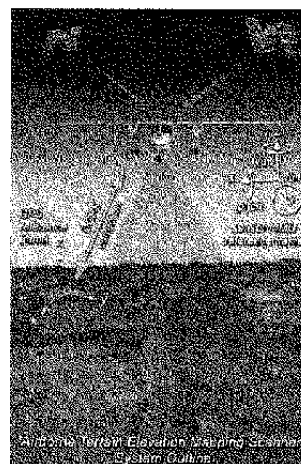
● **Doppler LIDAR**: این سیستم به منظور اندازه‌گیری سرعت یک هدف، مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنگامی که نور از سمت این سیستم به عارضه‌ای که در حال دور شدن یا نزدیک شدن به سیستم LIDAR باشد، ارسال گردد، طول موج نور بازتابی از هدف تغییر می‌نماید. این پدیده به عنوان پدیده جابجایی Doppler شناخته شده است، به همین علت این سیستم با نام Doppler LIDAR خوانده می‌شود. هنگامی که هدف در حال دور شدن از سیستم LIDAR باشد، نور بازگشتی طول موج بلندتری خواهد داشت. در حالیکه اگر هدف به سمت LIDAR در حال نزدیک شدن باشد، طول موج کوتاهتری به سنجنده می‌رسد. از این سیستم می‌توان برای تعیین سرعت اجسام مختلف استفاده کرد. همچنین می‌توان سرعت باد را از طریق اندازه‌گیری سرعت ذرات معلق در هوا اندازه‌گیری نمود.

تهیه مدل سه بعدی زمین با استفاده از تکنیک LIDAR

یکی از کاربردهای مهم LIDAR که امروزه در بخشهای نقشه‌برداری هوایی در اروپا و آمریکای شمالی بسیار استفاده می‌شود، تهیه و تولید مدل ارتفاعی رقومی دقیق (DEM) با دقت در حد ۱۰cm و تهیه مدل سه بعدی از سطح زمین می‌باشد.

یک سیستم LIDAR شامل قسمتهای زیر می‌باشد:

- یک سیستم اسکن کننده که پالس لیزر را تولید کرده و امواج بازگشتی از سطح زمین را ثبت می‌کند.
- یک GPS نصب شده در هواپیما بمنظور ثبت موقعیت سنجنده.
- یک واحد اندازه‌گیری اینرشیا (IMU) بمنظور اندازه‌گیری دورانیهای سنجنده یا Attitude.
- یک ایستگاه GPS مستقر در سطح زمین بمنظور استفاده از روش تفاضلی (DGPS) برای تعیین موقعیت دقیق.
- نگاره ۲: طرز عمل سیستم LIDAR و اجزای آن را نشان می‌دهد.



نگاره ۲: اصول به کار رفته در سیستم LIDAR

سیستم نوری بخش اسکن کننده، پالس لیزری را با ۷۵۰۰۰ پالس در هر ثانیه و در جهت عمود بر مسیر حرکت سنجنده به سمت زمین ارسال کرده و نقاط زمینی را در فواصل ۵/۰ تا ۴ متری برداشت می‌کند که در واقع همان توان تفکیک مکانی سنجنده می‌باشد. فواصل نقاط برداشت شده بسته به سرعت سنجنده متغیر خواهد بود. با کاهش سرعت سنجنده فواصل برداشت کمتر شده لذا توان تفکیک مکانی بهبود می‌یابد.

با اندازه‌گیری دقیق زمان رفت و برگشت لیزر و با معلوم بودن سرعت نور، فاصله LIDAR تا نقطه زمینی مطابق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$d = \frac{c.t}{2}$$

که t زمان رفت و برگشت و c سرعت نور خواهد بود.

دقت تعیین فاصله LIDAR به عوامل زیر بستگی دارد:

- ارتفاع پرواز که بر روی شدت موج بازگشتی تاثیرگذار است.

- دقت دستگاه LIDAR و سیستم پردازش کننده.

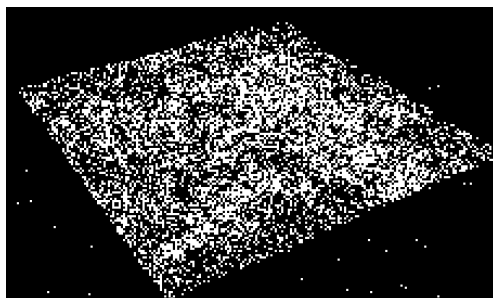
- صحت و دقت موقعیت سنجنده، ارتفاع و داده‌های Attitude

- مشخصات عارضه (اندازه‌گیری‌های دقیق‌تر می‌تواند از سطوح جامد و سخت حاصل شود)

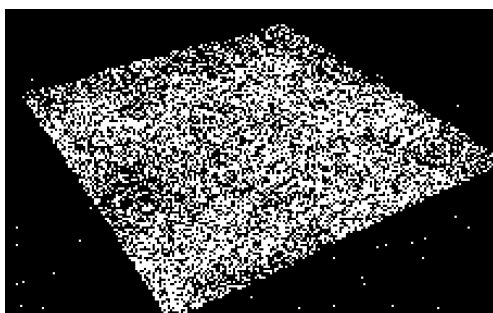
GPS نصب شده در هواپیما به منظور تعیین موقعیت X,Y,Z سنجنده استفاده می‌شود. همچنین میزان دوران‌های سنجنده حول سه محور X,Y,Z که به نام Attitude معرفی می‌گردد توسط یک سیستم اندازه‌گیری اینرشیا (IMU) که شامل شتاب سنج و ژيروسکوپ می‌باشد اندازه‌گیری می‌شوند. بمنظور افزایش دقت تعیین موقعیت سنجنده، می‌توان از یک ایستگاه GPS زمینی استفاده کرده و به روش تفاضلی (Differential) موقعیت دقیق سنجنده را تعیین کرد. لذا با معلوم بودن مختصات دقیق سنجنده و فاصله بین سنجنده تا هر نقطه می‌توان مختصات سه بعدی هر نقطه در روی زمین را تعیین کرده و نقشه توپوگرافی سطح زمین را بدست آورد.

یکی از تفاوت‌های عمده سیستم LIDAR, RADAR در این است که LIDAR قادر به اندازه‌گیری در تمام شرایط آب و هوایی نمی‌باشد. چرا که دلیل کوچک بودن طول موجهای لیزر، ذرات با قطر کوچک از قبیل ذرات باران، ابر و گردوغبار، به عنوان یک مانع در برابر این امواج قرار می‌گیرند. اما در سیستمهای RADAR به دلیل استفاده از طول موجهای بلند، این مشکل بوجود نمی‌آید. لازم به ذکر است LIDAR قادر است هم در شب و هم در روز اطلاعات کسب نماید. در سالهای اخیر در کنار سیستم LIDAR از دوربینهای رقومی نیز استفاده می‌شود. پس پردازشهای انجام شده بر روی داده‌های LIDAR شامل موارد زیر می‌باشد:

- استفاده از داده‌های GPS زمینی به منظور زمین مرجع نمودن داده‌ها
- فیلتر نمودن داده‌ها بمنظور جدا کردن داده‌های عوارض مختلف سطح زمین که باعث بازگشت‌های متفاوت یک پالس به سنجنده شده‌اند.
- با توجه به اینکه یک پالس لیزر ممکن است به چند عارضه برخورد کرده و بازگشت آن در زمانهای متفاوت به سنجنده برسد، لذا نیاز به یک سری پس پردازش (Post processing) می‌باشد تا بتوان پالسهای بازگشتی متفاوت را از هم جدا نمود. که این عمل توسط الگوریتم‌های مختلفی که به منظور



نگاره ۵: اولین بازتاب رسیده به سنجنده



نگاره ۶: توپوگرافی سطح زمین پس از فیلتر امواج بازگشتی

کاربردها

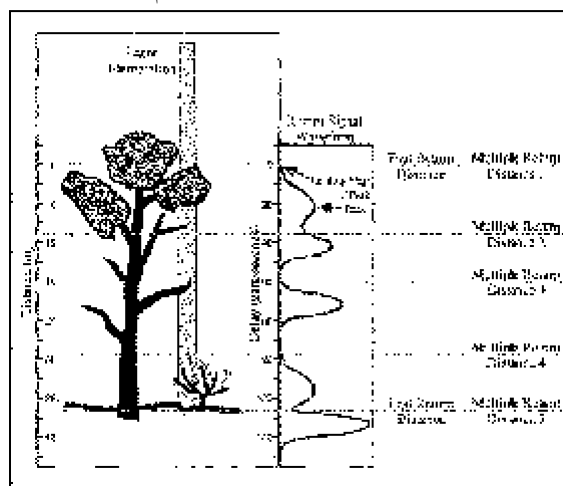
سیستم LIDAR علاوه بر تهیه مدل سه بعدی زمین کاربردهای متعددی دارد. از جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- تهیه نقشه های زیربنایی شهری
- جنگلداری
- هیدروگرافی
- مطالعات اتمسفری
- تولید محصولات سه بعدی و شبیه سازی پرواز
- کاربردهای نظامی
- بررسی تغییرات کوچک ارتفاعی در سطح زمین

منابع

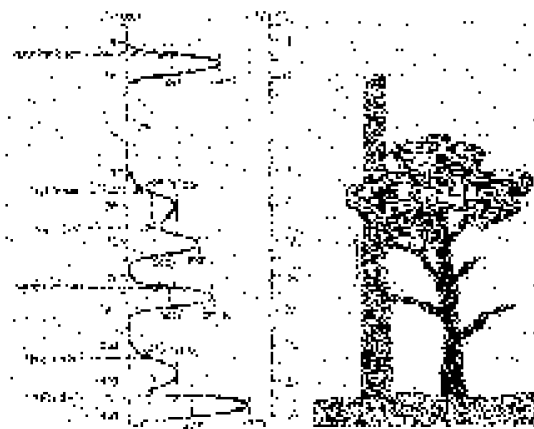
- 1- [http:// WWW.ghcc.msfc.nasa.gov](http://WWW.ghcc.msfc.nasa.gov).
- 2- <http:// WWW.usgs.gov>
- 3- <http:// WWW.asprs.org/asprs/Publications/Pe & Rs/2001 journal/november/ highlight 1. html>
- 4- <http:// WWW.Lidar.com>
- 5- <http://WWW. gnu.org>
- 6- <http:// WWW.W3.org>
- 7- <http:// WWW.space.com>
- 8- <http:// Vulcan.wr.usgs.gov/Monitoring / LIDAR>

Filter کردن وجود دارد انجام می شود. بعنوان مثال مطابق نگاره ۳ یک لیزر ممکن است به عوارض یا بخشهای مختلف برخورد کرده و بازگشتیهای آنها با ترتیب خاصی و در زمانهای مجزا به سنجنده برسند. با جدا کردن این سیگنالهای دریافتی می توان بخشهای مختلف را از هم تمیز داد.



نگاره ۳: برخورد امواج حاصل از لیدار به پدیده های مختلف

در نگاره (۴) نشان داده شده است که یک پالس لیزر به پنج عارضه برخورد کرده که پالسهای بازگشتی در زمانهای مجزا توسط سنجنده ثبت می شوند. لذا می توان با جدا کردن اولین سیگنال بازگشتی که مربوط به نوک درخت بوده و آخرین سیگنال بازگشتی که مربوط به سطح زمین است، ارتفاع درخت را بدست آورد.



نگاره ۴: ثبت زمانهای مختلف بازگشت موج توسط عوارض

نگاره ۵ و ۶ حذف عوارض خاصی را از طریق فیلتر کردن برای رسیدن به یک سطح مشخص نشان می دهد. نگاره ۵ اولین بازتاب رسیده به سنجنده را نشان می دهد. نگاره ۶ توپوگرافی سطح زمین را نشان می دهد که حاصل از فیلتر امواج بازگشتی می باشد. از این خاصیت می توان در تعیین انواع پوششهای سطح زمین و میزان سن گیاهان استفاده کرد.

