مجله ترویجی مدیریت پایدار جنگل‌های هیرکانی، دوره ۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۲، صفحات: ۲۹- ۲۵

آشکارسازی پایه‌های درختی
با استفاده از داده‌های لایدار هوایی و الگوریتم بیشینه مطلق ارتفاع

رمضانعلی خرمی[1*]، مسعود نظیفی[2]، سید احسان ساداتی[3]

[1*] استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران khorrami20166@gmail.com

[2] کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

[3] دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

چکیده

امروزه برای تعیین برخی از مشخصه‌های مربوط به یک پایه از درخت به‌طور فزآینده‌ای از داده‌های سیستم‌های لیزر اسکنر هوایی استفاده می‌شود. این کار معمولاً از طریق آشکارسازی یک پایه درخت که تفکیک آن از درختان پیرامونی بر اساس تعیین مؤلفه‌های موقعیت مکانی، ارتفاع و شعاع تاج می‌باشد، انجام می‌گیرد. در روش‌های متداول، تفکیک پایه‌های درختی از یکدیگر که اغلب بر پایه مدل‌های رستری و استفاده از الگوریتم بیشینه موضعی ارتفاع استوار است، خطاهای مختلفی دارند. این الگوریتم برای توده‌های متراکم و درختان پهن برگ چند شاخه و همچنین برای درختانی که در مناطق پرشیب واقع شده‌اند مناسب نیست. اما با استفاده از بیشینه مطلق ارتفاع ابر نقاط لایدار هوایی با تراکم بیش از ٤ تا ٥ نقطه در مترمربع می‌توان پایه‌های درختی و درختان چند شاخه را در توده‌های متراکم آشکارسازی و برخی از خطاهای رایج بیشینه موضعی ارتفاع را کاهش و صحت تفکیک پایه‌های درختی را افزایش داد.

واژگان کلیدی: آشکارسازی پایه‌های درختی، بیشینه مطلق ارتفاع، بیشینه موضعی ارتفاع، لایدار هوایی.

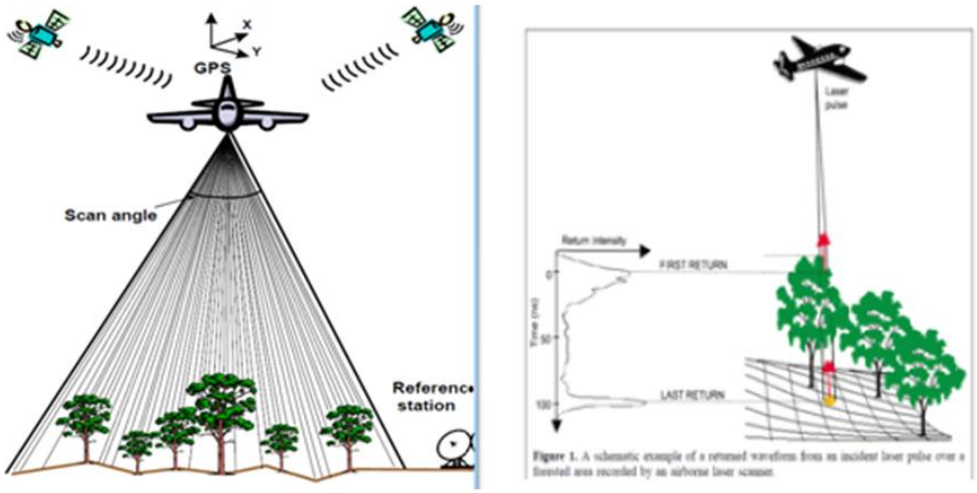
بیان مسأله

بسیاری از سیستم‌های برنـامه‌ریزی جنگل بـه اطلاعاتی در مقیاس یک پـایه درخت از تـوده جنگلی نیاز دارنـد. در بهره‌برداری از جنگل برای محاسبه حجم چوب و در آماربرداری از جنگل، کسب اطلاعات از مشخصه‌های کمی یک پایه درخت به‌عنوان عنصر اصلی جنگل امری حیاتی است، به‌طوری که می‌توان با این مشخصه‌ها به اطلاعاتی در سطح توده و جنگل دست یافت (Chen *et al.*, 2006). در آماربرداری از جنگل که معمولاً از طریق عملیات زمینی یا تفسیر عکس‌های هوایی انجام می‌شود، حدود ۱۰-۳ درصد از سطح عرصه‌های جنگلی به قطعات نمونه اختصاص می‌یابد (محمدی، ۱۳۹۲). در این قطعات مشخصه‌های بیوفیزیکی پایه‌های درختی نظیر ارتفاع، قطر برابر سینه و شعاع تاج به تفکیک گونه اندازه‌گیری و برآورد می‌شوند. شیوه‌های یادشده در سطوح وسیع، اغلب طاقت‌فرسا بوده و مستلزم صرف زمان طولانی می‌باشد (Lee *et al.*, 2010). در عین حال در برداشت‌های زمینی، موقعیت مکانی پایه‌های درختی در قطعات نمونه و در جنگل همچنان ناشناخته باقی می‌مانند. حال آن که این مشخصه برای بهبود کارآیی مدیریت جنگل و استخراج اطلاعات مورد نیاز در شاخه‌های مختلف علوم جنگل از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Gupta et al., 2013).

دستاوردها

حدود پنج دهه قبل سیستم‌های لایداری در دنیای سنجش از دور ابداع شدند. لایدار[1] به مفهوم آشکارسازی نوری و مسافت‌یابی است (Huo *et al.*, 2022). سیستم‌های لایداری، یک فن‌آوری سنجش از دوری فعال و نوعی کاربرد لیزر از زمین، هوا و فضا برای تولید داده‌های سه بعدی و رادیومتریک از پدیده‌ها می‌باشند. این سیستم‌ها با تولید پرتوهای لیزر و تابش آن به اشیا و عوارض زمینی و دریافت و ثبت پرتوهای بازتابش شده به‌طور خودکار، مجموعه داده‌هایی شامل داده‌های مکانی و رادیومتریک (شدت، دامنه و عرض امواج برگشت یافته) را تولید می‌کنند. داده‌های مکانی مختصات سه بعدی دقیق محل برخورد فوتون‌های لیزر را با عوارض نشان می‌دهند (شکل ۱).

در سنجش از دور، تفکیک و آشکارسازی درختان از الزامات اولیه و به‌عبارتی نخستین گام برای شناسایی گونه هر پایه درختی و پایش تنوع زیستی درختان به‌شمار می‌آید.



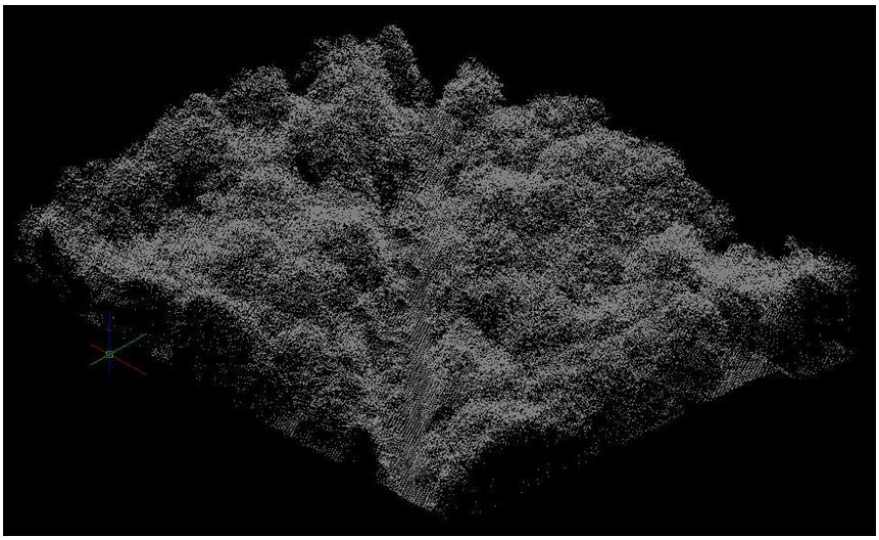
شکل ۱- برداشت لیزر اسکنر هوایی از منطقه جنگلی

[1] Light Detection and Ranging

فرآیند تفکیک پایه‌های درختی با استفاده از بیشینه مطلق ارتفاع نقاط لیزر:

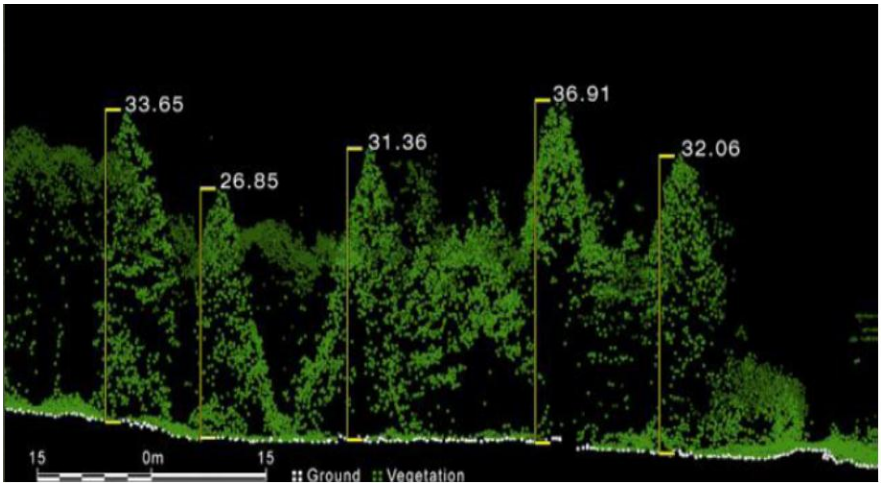
تفکیک پایه‌های درختی با استفاده از بیشینه مطلق ارتفاع نقاط لیزر، طی مراحل زیر انجام می‌شود.

۱- اولین مؤلفه آشکارسازی پایه‌های درختی، موقعیت مکانی درخت است. برای تعیین موقعیت مکانی درخت، نقطه‌ای از ابر نقاط لیزری برداشت شده از منطقه که نسبت به بقیه نقاط در ارتفاع بالاتری قرار دارد شناسایی می‌شود. این نقطه در مناطق جنگلی اغلب بر روی انتهای تاج و نوک یک درخت واقع است و مختصات مسطحاتی آن، تقریباً معادل موقعیت مکانی درخت است (شکل‌های ۲ و ۳).



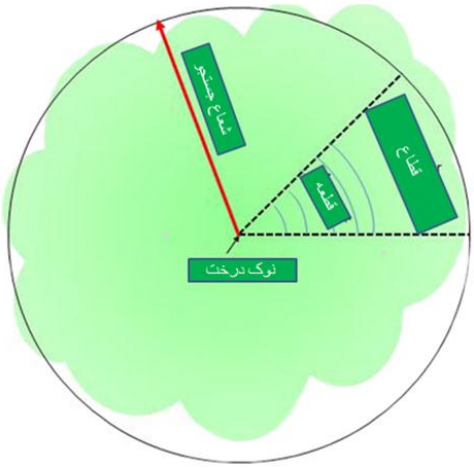
شکل ۲- نقاط لیزری برداشت شده از جنگل آموزشی شصت کلاته گرگان

۲- دومین مؤلفه آشکارسازی پایه‌های درختی، ارتفاع درخت است. برای تعیین ارتفاع درخت، ابتدا کمینه نسبی (موضعی) ارتفاع در همسایگی بیشینه مطلق ارتفاع و در مجاورت بن درخت مشخص می‌شود. سپس از تفاضل کمینه نسبی ارتفاع نقاط از بیشینه مطلق ارتفاع نقاط، ارتفاع درخت محاسبه و نقاط ارتفاعی پرت با تعیین آستانه حداکثر ارتفاع درختان حذف می شوند (شکل ۳).



شکل ۳- تعیین ارتفاع درختان در ابر نقاط لیزری

۳- سومین مؤلفه آشکارسازی پایه‌های درختی، شعاع تاج درخت است. برای تعیین محدوده تاج درخت، دایره‌ای به مرکز نقطه بیشینه مطلق ارتفاع و شعاع یک سوم ارتفاع درخت ترسیم شد. شعاع پیش‌فرض تاج درخت برای درختان چیره یک سوم ارتفاع درخت درنظر گرفته شد. اما برای درختان کوتاه و در جایی که فاصله درختان کم و تراکم تعداد در هکتار زیاد می‌باشد، شعاع پیش‌فرض می‌تواند یک چهارم، یک پنجم ارتفاع و یا کمتر از این تعیین شود. انتخاب یک سوم ارتفاع درخت برای پیش فرض شعاع تاج به این دلیل بود که شعاع تاج یک درخت به‌طور طبیعی از نصف ارتفاع همان درخت کمتر است و اغلب درختان جنگلی شعاع تاجی کمتر از یک سوم ارتفاع درخت دارند. اگر شعاع تاج درختی در زمین از شعاع پیش‌فرض و از یک سوم ارتفاع درخت بیش‌تر باشد، شعاع تاج در درخت آشکارشده با راستی آزمایی AHM تصحیح می‌شود. این دایره به هشت، چهار و یا دو قطاع مساوی و هریک از قطاع‌ها به قطعاتی با مساحت مساوی تقسیم می‌شوند. در هر یک از قطعات یک قطاع، ابتدا بیشینه ارتفاع نقاط و سپس در تمام قطعات آن قطاع، قطعه‌ای که بیشینه ارتفاع آن کمترین مقدار را دارا باشد، به‌عنوان حاشیه تاج در آن قطاع تعیین می‌شود (شکل‌های ٤ و ٥).



شکل ٤- تصویر قائم تاج درخت بر صفحه افق و قطعه‌بندی تاج برای تعیین مرز آن

شکل ٥- تعیین شعاع تاج درخت با استفاده از دایره‌ای به مرکز نقطه بیشینه مطلق ارتفاع و شعاع پیش‌فرض یک سوم ارتفاع درخت و تقسیم دایره به هشت قطاع مساوی و تقسیم هر یک از قطاع‌ها به قطعات مساوی

در AHM تفکیک به‌صورت درخت به درخت انجام می‌شود. یعنی ابتدا همه مؤلفه‌های آشکارسازی اولین درخت مشخص می‌شود و سپس با تفکیک اولین درخت، نقاط لیزری مربوط به آن برچسب خورده و کنار گذاشته می‌شود. آشکارسازی دومین درخت همانند درخت اول انجام می‌شود با این تفاوت که نقاط لیزری مربوط به درخت اول حضور ندارند. این فرآیند تا برچسب خوردن همه نقاط لیزری و تفکیک همه درختان تکرار می‌شود.

توصیه ترویجی

- پایه‌های درختی می‌توانند با استفاده مستقیم از داده های سه بعدی ابر نقاط لایدار هوایی تفکیک شوند. پیشنهاد می‌شود با استفاده از بیشینه مطلق ارتفاع نقاط لایداری (با تراکم بیش از ٤ تا ٥ نقطه در مترمربع) در توده‌های جنگلی پرشیب چند آشکوبه نظیر جنگل‌های خزری که ساختار پیچیده و متراکمی دارند، با تفکیک و تعیین موقعیت مکانی پایه‌های درختی، مشخصه‌های بیوفیزیکی آنها (ارتفاع و شعاع تاج درخت) را برآورد کرد.
- داده‌های سه بعدی سیستم لیزر اسکنر هوایی و پهپاد ابزار بسیار مهمی برای استخراج مشخصه‌های آماری از جنگل‌ها، باغات، پارک‌ها و فضای سبز درختی در شهرها و همچنین پایش تغییرات در این عرصه‌ها به‌شمار می‌آید.
- با تفکیک پایه‌های درختی جنگل‌های یک منطقه در زمان‌های مختلف می‌توان تعداد درختان باد افتاده و درختانی که توسط قاچاقچیان قطع می‌شوند را مورد پایش مستمر قرار داد.

فهرست منابع

محمدی، ج. ۱۳۹۲. بهبود برآورد برخی مشخصه‌های کمی ساختار جنگل با استفاده از تلفیق داده‌های لایدار و تصاویر هوایی رقومی در جنگل‌های پهن‌برگ شصت‌کلاته گرگان. رساله دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲۸۰ ص.

Chen, Q. 2007. Airborne LiDAR data processing and information extraction. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 73: 109-112.

Gupta, S., Weinacker, H., Sterenczak, K. and Koch, B. 2013. Single tree delineation using airborne LiDAR data. European Scientific Journal, 9 (32): 1857-7881.

Hyyppä, J. and Inkinen, M., 1999. Detecting and estimating attributes for single trees using laser scanner. Photogrammetric Journal of Finland, 16 (2): 27-42.

Kaartinen, H., Hyyppä, J., Yu, X., Vastaranta, M., Hyyppä, H., Kukko, A., Holopainen, M., Heipke, C.B. and Wu, J.C. 2012. An international comparison of individual tree detection and extraction using airborne laser scanning. Remote Sens, 4: 950-974.

Khorrami, R., Naeimi, Z., Tabari, M. and Eslahchi, M. 2018. A new method for detecting individual trees in aerial LiDAR point clouds using absolute height maxima. Environ. Monit. Assess., 190 (12), 708.

Lee, H., Slatton, K.C., Roth, B.E., and Cropper Jr., W.P. 2010. Adaptive clustering of airborne LiDAR data to segment individual tree crowns in managed pine forests. International Journal of Remote Sensing, 31 (1), 117-139.

Yu, X., Litkey, P., Hyyppa , J., Holopainen, M. and Vastaranta, M. 2014. Assessment of low density full-waveform airborne laser scanning for individual tree detection and tree species classification. Forests, 5: 1011-1031.