

اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات مختلف تنه درختان صنوبر به صورت سرپا با استفاده از دستگاه لیزری لایکا مدل D810 در صنوبر کاری‌ها

رضا اخوان*

*دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

akhavan@rifra-ac.ir

چکیده

لازمه تعیین ضریب شکل تنه درختان که به‌طور مستقیم در محاسبه حجم تنه درخت تأثیر دارد، در اختیار داشتن قطر در ارتفاعات مختلف تنه است که براساس آن می‌توان ضریب کاهش قطری تنه و در نهایت ضریب شکل تنه را محاسبه کرد. همچنین برای تهیه جدول حجم یک گونه درختی نیاز به تعیین حجم واقعی تنه درخت می‌باشد که آن هم تنها با آنالیز تنه که نیازمند دانستن قطر در ارتفاعات مختلف تنه است، امکان‌پذیر می‌باشد. در این پژوهش کاربرد دستگاه لیزری لایکا مدل D810 در تعیین قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات مختلف تنه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور قطر در ارتفاع $\frac{1}{3}$ و ۲ متری تنه ۲۰ اصله درخت صنوبر سرپا از گونه دلتوئیدس در استان مازندران هم زمان با دو دستگاه کالیپر و لایکا اندازه‌گیری شد. همچنین قطر در ارتفاعات مختلف تنه ۱۳ اصله درخت صنوبر از گونه‌های آلبا و نیگرا در استان البرز قبل و بعد از قطع به‌ترتیب با استفاده از دستگاه‌های لایکا و کالیپر اندازه‌گیری شد. در نهایت تعداد ۱۰۲ جفت داده متناظر به‌منظور مقایسه قطرهای اندازه‌گیری شده با دو دستگاه تولید شد که این مقایسه با استفاده از آزمون تی جفتی انجام شد. نتایج آزمون نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین عملکرد این دو دستگاه در اندازه‌گیری قطر درختان صنوبر در ارتفاعات مختلف تنه وجود ندارد. به عبارت دیگر می‌توان از دستگاه لایکا به‌منظور اندازه‌گیری قطر درختان صنوبر در ارتفاعات مختلف تنه به‌صورت سرپا استفاده کرد و در صورت در دسترس بودن این دستگاه دیگر نیازی به قطع آنها برای اندازه‌گیری قطر و آنالیز تنه نیست. بنابراین استفاده از دستگاه لیزری لایکا مدل D810 به‌منظور اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات بالاتر از برابر سینه در صنوبر کاری‌ها توصیه می‌شود. البته استفاده از این دستگاه برای اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات مختلف تنه دارای شرایط و محدودیت‌هایی است که باید به آن توجه شود.

واژگان کلیدی: جدول حجم، دستگاه لایکا، صنوبر، ضریب شکل، قطر تنه.

بیان مسئله

ضریب شکل تنه درخت^۱ ضریبی است که اگر در حجم استوانه تنه درخت ضرب شود، حجم واقعی آن به دست می‌آید. علت استفاده از این ضریب این است که شکل تنه درختان مخروطی است و مقدار قطر آن از پایین به بالا کاهش می‌یابد. به کاهش قطر درخت در هر متر از تنه، ضریب کاهش قطری درخت گفته می‌شود.

برای محاسبه ضریب شکل تنه درخت باید حجم واقعی تنه درخت را به دست آورده و بر حجم استوانه‌ای که قطر آن برابر قطر برابرسینه درخت و ارتفاع آن برابر ارتفاع کل درخت است تقسیم کرد. این ضریب همیشه عددی کوچک‌تر از یک است که با ضرب آن در حجم استوانه تنه درخت، حجم واقعی تنه آن به دست می‌آید.

تعیین قطر درخت در ارتفاعات مختلف تنه شرط لازم برای محاسبه ضریب شکل تنه و تهیه جدول حجم برای گونه‌های مختلف درختی است که این مهم به طور معمول به صورت مخرب و با قطع درختان انجام می‌شود. اما اگر بتوان بدون قطع درخت و به صورت سرپا، قطر در ارتفاعات مختلف تنه درخت را با دقت مناسب اندازه‌گیری کرد، هم در هزینه‌ها صرفه‌جویی خواهد شد و هم می‌توان تعداد نمونه بیشتری را با پراکنش مکانی مناسب تحت پوشش قرار داد.

یکی از چالش‌های اصلی در اندازه‌گیری درختان و آماربرداری از جنگل، تعیین قطر در ارتفاعات بالای تنه درختان می‌باشد. چون از یک سو، قطر درخت در ارتفاعات بالاتر از برابرسینه برای تعیین حجم دقیق تنه درختان و همچنین آنالیز تنه آنها به منظور محاسبه ضریب شکل تنه و تهیه جداول حجم برای گونه‌های درختی مهم می‌باشد و از سوی دیگر، اندازه‌گیری قطر در ارتفاع بیشتر از دو متر تنه درختان عملاً امکان‌پذیر نیست، به طوری که یا باید از وسایل بالابر و نردبان استفاده شود که مشکلات و خطرات خاص خود را دارد و یا باید از ابزارهای مناسب این کار استفاده شود که معمولاً در دسترس همگان نبوده و استفاده از آنها نیاز به آموزش دارد. به همین منظور در گذشته، دستگاه‌های مکانیکی مانند خط‌کش دو بازوی فنلاندی، بارواستراود و رلاسکوپ آینه‌دار بیت‌ریلیخ توسط جنگلبانان ابداع و اختراع شد (زبیری، ۱۳۷۳) که در حال حاضر با توجه به مشکلاتی که در حمل و نقل، استقرار و دقت کم به دلیل مکانیکی بودن تنظیم‌شان برای اندازه‌گیری قطر دارند، استفاده از آنها توصیه نمی‌شود. از سوی دیگر در حال حاضر دستگاه‌های لیزری برای این منظور طراحی و تولید شده‌اند که می‌توانند با دقت مناسب قطر را در ارتفاعات مختلف تنه درخت اندازه‌گیری کنند که با استفاده از داده‌های آنها می‌توان علاوه بر تعیین قطر در ارتفاعات بالای تنه، ضریب شکل تنه درختان را محاسبه و همچنین جداول حجم مربوط به هر گونه را تهیه کرد.

یکی از این دستگاه‌ها، دستگاه Criterion مدل RD 1000 می‌باشد که ساخت کشور آمریکا است و براساس سیستم لیزر عمل می‌کند و می‌تواند قطر را در هر ارتفاعی از تنه درخت اندازه‌گیری نماید (De Oliveira et al., 2018). اما چون اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات بالای تنه به وسیله این دستگاه منوط به اندازه‌گیری فاصله افقی از محل دستگاه تا تنه درخت می‌باشد و این دستگاه قادر به اندازه‌گیری این فاصله افقی نیست، بنابراین باید با وسیله دیگری فاصله افقی دستگاه تا درخت اندازه‌گیری شود که خود سبب ایجاد مشکلات و خطاهایی در تعیین قطر درخت خواهد شد (Stenman et al., 2023).

دستگاه لیزری دیگر، دستگاه لایکا (Leica) مدل D810 ساخت کشور سوئیس است که مشکل یادشده را نداشته و خود قادر به اندازه‌گیری فاصله افقی تا درخت می‌باشد که این فاصله مستقیماً در تعیین قطر در ارتفاعات بالای تنه دخالت دارد. در این مقاله به بررسی کاربرد این دستگاه برای اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات بالای تنه درختان صنوبر و میزان کارایی آن برای آنالیز تنه درختان صنوبر که مستقیماً در تعیین ضریب شکل تنه و تهیه جداول حجم دخالت دارد پرداخته می‌شود. قیمت خرید این دستگاه با متعلقات کامل آن در حال حاضر حدود ۱۰۰۰ دلار آمریکا می‌باشد.

^۱ form factor

دستاوردها

به‌منظور بررسی کارایی دستگاه لیزری لایکا در اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات مختلف تنه درختان صنوبر، تعداد ۲۰ اصله درخت صنوبر در ۸ توده صنوبرکاری مختلف از گونه دلتوئیدس در استان مازندران به‌صورت تصادفی و براساس طبقات قطری انتخاب شدند. سپس قطر برابرسینه (۱/۳ متری تنه) و قطر در ارتفاع دو متری تنه این درختان (حداکثر ارتفاعی از تنه که به‌صورت سرپا قابل دسترس است) ابتدا با استفاده از خط‌کش دو بازو (کالیپر) تا دقت میلی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد. در مرحله بعد قطر در ارتفاع برابرسینه (۱/۳ متر) و دو متری تنه همین درختان مجدداً با استفاده از دستگاه لیزری لایکا تا دقت میلی‌متر اندازه‌گیری و ثبت شد تا با مقایسه دو سری داده متناظر قطر با هم، معنی‌دار بودن یا نبودن تفاوت اندازه‌گیری دو دستگاه برای اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر مشخص شود (شکل ۱).



شکل ۱- اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات مختلف تنه درختان صنوبر با استفاده از دستگاه لیزری لایکا

همچنین در ۱۳ اصله درخت صنوبر از دو گونه آلبا و نیگرا در دو توده صنوبرکاری در استان البرز که از قبل برای قطع در نظر گرفته شده بودند، ابتدا قطر در ارتفاعات ۱/۳، ۲، ۴، ۶ و تا ۱۴ متری (بسته به ارتفاع درختان نمونه) با دستگاه لایکا به‌طور دقیق اندازه‌گیری شد. سپس این درختان شماره‌گذاری و مشخص شدند تا پس از قطع، مجدداً در همین ارتفاع‌ها بر روی زمین اندازه‌گیری شوند. در مرحله بعد این درختان قطع شده و پس از قطع بر روی زمین و در همان ارتفاع‌های مشخص شده قبلی با استفاده از دستگاه کالیپر تعیین قطر شدند تا در مقایسات آماری مورد استفاده قرار گیرند (شکل ۲).

به‌منظور مقایسه مقادیر اندازه‌گیری شده قطر با دو دستگاه کالیپر و لایکا و تعیین این که آیا تفاوت‌های موجود معنی‌دار هستند یا خیر از آزمون تی جفتی^۱ استفاده شد.

^۱ Paired- sample t- test



شکل ۲- اندازه‌گیری قطر درختان صنوبر قطع شده بر روی زمین با استفاده از خط‌کش دوبازو

شایان ذکر است که روش کار با دستگاه لیزری لایکا بدین صورت است که ابتدا دستگاه در فاصله مناسبی از تنه درخت (بین ۸ تا ۱۲ متر بسته به ارتفاع درخت هدف) بر روی سه پایه آن قرار گرفته و تراز می‌شود (شکل ۳). سپس نور لیزر دستگاه بر روی تنه درخت در ارتفاع برابر سینه که قبلاً به صورت دستی مشخص و علامت‌گذاری شده است، تنظیم می‌شود (شکل ۴). در مرحله بعد از محل قطر برابر سینه درخت عکسی رقومی برداشت و بر روی صفحه دستگاه نشان داده می‌شود. سپس با استفاده از صفحه لمسی دستگاه، دو بازوی کالیپر مانندی که در دو طرف عکس رقومی تنه درخت قرار دارند (شکل ۵) بر روی دو لبه بیرونی تنه تنظیم می‌شوند. با توجه به این که تصویر برداشت شده به وسیله دستگاه رقومی است و به هنگام تهیه آن فاصله افقی دستگاه و زاویه آن نسبت به محل عکس‌برداری از تنه درخت در نظر گرفته می‌شود، با تنظیم کالیبرها در دو طرف تصویر تنه درخت، قطر تنه درخت در ارتفاع مورد نظر به وسیله دستگاه محاسبه و بر روی صفحه نمایش آن نشان داده می‌شود. پس از ثبت قطر تنه در ارتفاع مشخص (مثلاً ۱/۳۰ متر) با استفاده از پیچ تنظیمی که در کنار دستگاه قرار دارد (شکل ۳) شیب دستگاه افزایش داده می‌شود تا نور لیزر در راستای تنه درخت به ارتفاع بالاتری برای نقطه اندازه‌گیری بعدی انتقال داده شود که همزمان دستگاه فاصله ارتفاعی طی شده را محاسبه و بر روی صفحه نمایش نشان می‌دهد. به طور مثال با طی کردن ۷۰ سانتی‌متر از محل قطر برابر سینه به محل ارتفاع ۲ متری تنه رسیده که با تکرار مراحل قبلی، قطر در ارتفاع ۲ متری تنه محاسبه و تعیین می‌شود و

به‌همین ترتیب کار ادامه می‌یابد تا محلی که قطر تنه درخت کمتر از ۵ سانتی‌متر (حداقل قطر تجاری) باشد. در این نقطه کار اندازه‌گیری متوقف می‌شود.



شکل ۳- نحوه استقرار دستگاه لایکا
بر روی سه‌پایه در توده صنوبرکاری
شکل ۴- برخورد نور لیزر دستگاه لایکا
به تنه درخت صنوبر برای اندازه‌گیری
شکل ۵- اندازه‌گیری قطر در ارتفاع
بالاتر از برابرسینه تنه درخت صنوبر
قطر

پس از اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاع‌های ۱/۳ و ۲ متری به‌وسیله دو دستگاه کالیپر و لایکا در استان مازندران، در مجموع ۴۰ جفت داده قطر متناظر با هم تولید شد که حداقل قطر در این داده‌ها ۱۰ و حداکثر ۲۷ سانتی‌متر بوده است. سپس از آزمون تی جفتی به‌منظور بررسی معنی‌دار بودن یا نبودن تفاوت مقادیر اندازه‌گیری شده به‌وسیله دو دستگاه با استفاده از این تعداد جفت داده استفاده شد. جدول ۱ نتیجه آزمون تی جفتی را برای این داده‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۱- آزمون تی جفتی مقایسه بین مقادیر متناظر قطرهای اندازه‌گیری شده تنه صنوبر به‌وسیله دو دستگاه کالیپر و لایکا در استان مازندران

جفت داده‌ها	میانگین تفاوت‌ها	انحراف معیار تفاوت‌ها	آماره t	درجه آزادی	معنی‌داری
لایکا- کالیپر	۰/۰۵	۰/۲۱	۱/۴۷	۳۹	۰/۱۴۹

با توجه به ستون معنی‌داری جدول ۱ ($\text{Sig} = 0.149$) تفاوت بین مقادیر اندازه‌گیری شده قطرهای متناظر بین دو دستگاه کالیپر و لایکا معنی‌دار نیست ($P > 0.05$). به عبارت دیگر دو دستگاه برای اندازه‌گیری قطر یکسان عمل می‌کنند. در ادامه مجدداً آزمون تی جفتی بر روی ۶۲ جفت داده از ۱۳ درخت قطع شده در استان البرز نیز اجرا شد که حداقل قطر در این داده‌ها ۵ و حداکثر ۲۱ سانتی‌متر و تا ارتفاع ۱۴ متری تنه بوده است. جدول ۲ نتیجه آزمون تی جفتی را برای داده‌های استان البرز نشان می‌دهد.

جدول ۲- آزمون تی جفتی مقایسه بین مقادیر متناظر قطرهای اندازه‌گیری شده تنه صنوبر به وسیله دو دستگاه کالیپر و لایکا در استان البرز

جفت داده‌ها	میانگین تفاوت‌ها	انحراف معیار تفاوت‌ها	آماره t	درجه آزادی	معنی‌داری
لایکا- کالیپر	۰/۱۶۱	۰/۶۳۲	۲/۰۰۹	۶۱	۰/۰۵۱

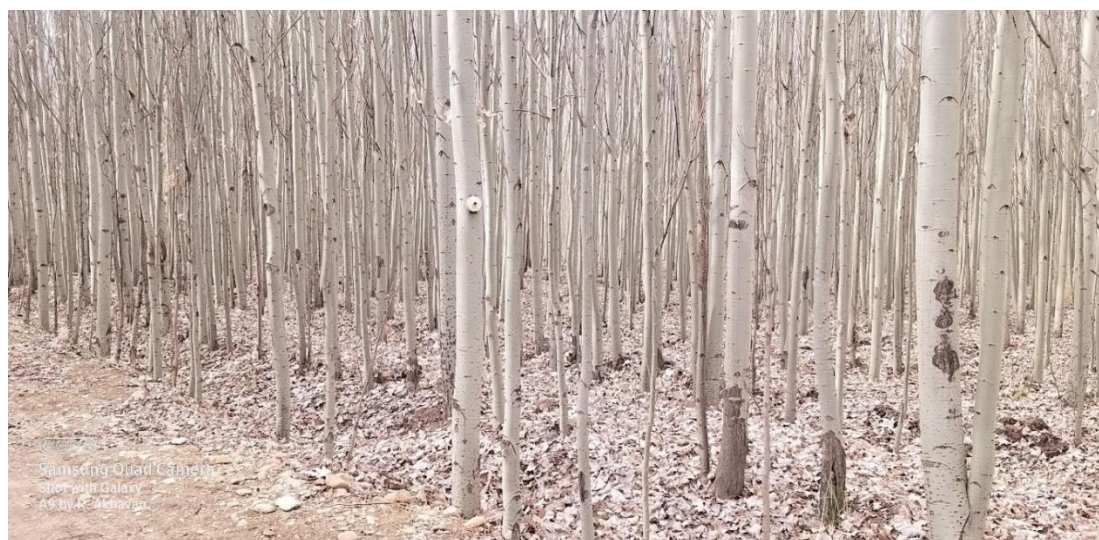
با توجه به ستون معنی‌داری جدول ۲ ($\text{Sig} = 0.051$) تفاوت بین مقادیر اندازه‌گیری شده قطرهای متناظر بین دو دستگاه کالیپر و لایکا معنی‌دار نیست ($P > 0.05$). به عبارت دیگر دو دستگاه برای اندازه‌گیری قطر یکسان عمل می‌کنند.

توصیه ترویجی

نتایج این بررسی در مورد کاربرد دستگاه لیزری لایکا مدل D810 به منظور اندازه‌گیری قطر درختان صنوبر در ارتفاعات مختلف تنه نشان داد که با استفاده از این دستگاه می‌توان داده‌های مورد نیاز برای تعیین ضریب شکل تنه و تهیه جدول حجم گونه‌های مختلف صنوبر را بدون نیاز به قطع درخت و به صورت غیرمخرب و سرپا به دست آورد. مزیت این روش این است که چون دیگر نیازی به قطع درخت نمی‌باشد، مشکلات مربوط به تهیه و خریداری درختان صنوبر برای قطع و تبدیل، مرتفع شده و به دلیل کاهش هزینه‌های نمونه‌برداری، می‌توان تعداد درخت نمونه بیشتری را با پراکنش مکانی مناسب در مناطق مختلف مورد اندازه‌گیری قرار داد. به عبارت دیگر، می‌توان از دستگاه لیزری لایکا به منظور اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات مختلف به صورت سرپا استفاده کرد و در صورت در دسترس بودن این دستگاه، دیگر نیازی به قطع درختان صنوبر برای اندازه‌گیری قطر و آنالیز تنه آنها نیست. اما براساس تجارب به دست آمده، استفاده از این دستگاه برای اندازه‌گیری قطر درختان صنوبر به صورت سرپا، دارای شرایط و محدودیت‌هایی به شرح زیر می‌باشد:

- برای اندازه‌گیری قطر درخت به صورت سرپا با این دستگاه، تنه درخت باید عاری از برگ باشد تا نور لیزر دستگاه بتواند به آن برخورد نماید. بنابراین تمامی اندازه‌گیری‌ها باید در اواخر فصل پاییز، در طول فصل زمستان و اوایل فصل بهار، یعنی به هنگام بی‌برگ بودن درختان صنوبر انجام شود.
- وزش باد شدید سبب تکان خوردن تنه درخت به ویژه پس از ارتفاع میانی می‌شود و در نتیجه تنظیم دستگاه را با مشکل مواجه می‌کند. همچنین باران شدید مانع از اندازه‌گیری دقیق قطر تنه می‌شود. بنابراین باید اندازه‌گیری‌ها در روزهایی با هوای آرام و صاف انجام شود.
- انبوه بودن توده صنوبرکاری و وجود درختان متراکم در پشت سر درخت هدف، تشخیص محدوده قطر درخت هدف را با مشکل مواجه می‌کند (شکل ۶). بنابراین هنگام اندازه‌گیری باید در تعیین محل استقرار دستگاه دقت شود.

- وجود نور شدید آفتاب در پشت تنه درخت هدف، تشخیص محدوده قطر درختان را با مشکل مواجه می‌کند. بنابراین بهتر است اندازه‌گیری‌ها با این دستگاه در ساعات اولیه و پایانی روز انجام نشود. شایان ذکر است که روزهای ابری محدودیتی در اندازه‌گیری قطر با این دستگاه ایجاد نمی‌کند.
 - این دستگاه محدودیتی برای اندازه‌گیری قطر در ارتفاعات بالای تنه درختان پهن‌برگ قطور ندارد، اما اندازه‌گیری قطر با آن برای درختانی که تنه استوانه‌ای‌تری داشته و دارای شاخه‌های جانبی قطور نباشند (مانند درختان سوزنی‌برگ و انواع صنوبرها) راحت‌تر و کاربردی‌تر است.
- با وجود همه این موارد و مشکلات، در صورت مناسب بودن شرایط و کمی صبر و حوصله و صرف دقت کافی می‌توان قطر درخت را تا دقت میلی‌متر اندازه‌گیری و تعیین کرد. نتایج این تحقیق نیز نشان داد که قطرهای اندازه‌گیری شده با این دستگاه تفاوت معنی‌داری با قطرهای اندازه‌گیری شده با دستگاه کالیپر ندارد. بنابراین استفاده از دستگاه لیزری لایکا مدل D810 به‌منظور اندازه‌گیری قطر تنه درختان صنوبر در ارتفاعات بالاتر از برابرسینه در صنوبرکاری‌ها توصیه می‌شود.



شکل ۶- مشکل انبوهی توده و تداخل تنه‌ها در اندازه‌گیری قطر درخت صنوبر

فهرست منابع

- زبیری، م. ۱۳۷۳. آماربرداری در جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ ص.
- De Oliveira, X.M., Ribeiro, A., Filho, A.C.F., Mayrinck, R., De Lima, R. and Scolforo, J.R.S. 2018. Volume equations for *Khaya ivorensis* A. Chev. plantations in Brazil. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, p. 3285-3298.
- Stenman, V., Holopainen, M. and Kangas, A. 2023. Upper stem diameter and volume prediction strategies in the National Forest Inventory of Finland. *Silva Fennica*, 57 (3), 17 p.