نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم، شماره دوم، ۱۳۹۲
http://jwfst.gau.ac.ir

کارایی دو روش LTS و LIS در برآورد تعداد در هکتار درختان بنه (*Pistaciaatlantica* Desf.) در جنگل‌های زاگرس

سیدیوسف عرفانی‌فرد*
استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/٤/۲٦

چکیده

تعداد در هکتار در یک جامعه جنگلی بیانگر وضعیت موجود بوده و پایش آن، در ارزیابی تغییرات توده‌های جنگلی بسیار اهمیت دارد. از سوی دیگر، کاربرد روش‌های فاصله‌ای در برآورد تراکم در جنگل، به‌ویژه جنگل‌های تنک، گسترش فراوان یافته است. بنابراین این پژوهش با هدف معرفی و مقایسه دو روش مهم LTS و LIS در برآورد تعداد در هکتار درختان بنه در جنگل‌های زاگرس انجام شد. بخشی از جنگل تحقیقاتی بنه در استان فارس با مساحت ٤٥ هکتار برای این منظور انتخاب شد. مطالعه اولیه نشان داد که در روش LTS طول مطلوب ترانسکت ١٦٧ متر بوده که در ١٠ نقطه نمونه‌برداری پیاده شد و فاصله عمود بر خط ترانسکت درختان بنه تا ٤٦ متری از ترانسکت ثبت گردید. همچنین در روش LIS، آماربرداری اولیه نشان داد که ترانسکت‌های روش LTS در شبکه پیاده شده برای این روش نیز مناسب است. نتایج آماربرداری نشان داد که تعداد در هکتار درختان بنه با استفاده از روش LTS برابر با ٢١/١ و با حدود اعتماد (٩٥ درصد) ١٦ و ٢٦/٢ بود که با مقدار واقعی (١٩/٤ پایه در هکتار) اختلاف معنی‌داری نداشت. در حالی‌که روش LIS این مقدار را ٢٦ و با حدود اعتماد (٩٥ درصد) ١٨/٧ و ٣٣/٣ نشان داد که میانگین به‌دست آمده با مقدار واقعی اختلاف معنی‌دار داشت. بنابراین روش LTS در برآورد تعداد در هکتار درختان بنه در محدوده بررسی کارایی بیش‌تری داشته و پیشنهاد می‌شود قابلیت روش نام‌برده در سایر نقاط جنگل‌های زاگرس نیز مورد بررسی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بنه، تعداد در هکتار، زاگرس، LIS، LTS

* مسئول مکاتبه: erfanifard@shirazu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

یکی از نخستین مشاهده‌ها در مطالعه بوم‌شناسی جوامع جنگلی و ارتباط آن‌ها با محیط زیست، تعداد در هکتار یا تراکم درختان است. از آن‌جایی‌که این مشخصه با توجه به نوع گونه، جنسیت، سن، زمان و فضای مطالعه تغییر می‌کند، بنابراین ویژگی مناسبی در ارزیابی پویایی جوامع جنگلی محسوب می‌شود (باکلند و همکاران، ۲۰۰۱؛ کانگاس و مالتامو، ۲۰۰۶). همچنین از این مشخصه در ارزیابی توزیع مکانی و تغییرات ویژگی‌های درختان نیز استفاده می‌گردد (چیریچی و همکاران، ۲۰۱۱).

بوم‌شناسان گیاهی مجموعه‌ای از روش‌های بدون قطعه نمونه[1] را برای اندازه‌گیری جوامع گیاهی ارایه کرده‌اند که به آن‌ها روش‌های فاصله‌ای[2] گفته می‌شود. یکی از کاربردهای روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تعداد درختان در هکتار در جنگل است (کربس، ۱۹۹۹؛ کوهل و همکاران، ۲۰۰۶؛ باکوس، ۲۰۰۷). مهم‌ترین روشی که برای این منظور در جنگل استفاده می‌شود روش LTS[3] است (کربس، ۱۹۹۹؛ ملویل و ولش، ۲۰۰۱؛ باکلند و همکاران، ۲۰۰۷). اندازه‌گیری تراکم در این روش با استفاده از یک یا چند ترانسکت انجام می‌گیرد که با حرکت روی آن‌ها، فاصله عمود بر خط ترانسکت درختان قابل مشاهده اندازه‌گیری می‌شود (کوهل و همکاران، ۲۰۰۶). اگرچه از این روش در سال‌های اخیر برای انجام مطالعه‌ها در مورد جمعیت حیات وحش (وارمان و سوکومار، ۱۹۹۵؛ جانگ و لو، ۲۰۱۰؛ ریجوی، ۲۰۱۰) استفاده شده است، ولی دلیل اصلی ارایه آن مطالعه پوشش گیاهی است (ابرهارت، ۱۹۷۸) که در مطالعه تراکم گیاهان (ملویل و ولش، ۲۰۰۱؛ سافرانیک و لینتون، ۲۰۰۲؛ باکلند و همکاران، ۲۰۰۷) نیز به‌کار رفته است.

همچنین بوم‌شناسان برای اندازه‌گیری تعداد در هکتار در جوامع گیاهی از روش دیگری استفاده می‌کنند که به آن روش LIS[4] می‌گویند. در این روش برای محاسبه تعداد درختان در هکتار از درختانی استفاده می‌شود که بخشی از تاج یا تنه آن‌ها با ترانسکت مفروض در محدوده مورد بررسی برخورد داشته باشد (کربس، ۱۹۹۹؛ باکوس، ۲۰۰۷). یکی از کاربردهای مهم این روش، اندازه‌گیری تراکم مازاد مقطوعات بهره‌برداری در جنگل است (جوردن و همکاران، ۲۰۰۴؛ لیگوت و همکاران، ۲۰۱۲). البته از این روش در بررسی خسارات جنگل (کیوان‌بهجو و همکاران، ۲۰۰۷)، تراکم پوشش

1- Plotless Methods
2- Distance Methods
3- Line Transect Sampling
4- Line Intersect (Intercept) Sampling

Archive of SID

www.SID.ir

گیاهی در مناطق خشک (هانلی، ۱۹۷۸؛ کوهل و همکاران، ۲۰۰۱) و همچنین بررسی تراکم در جنگل (کورهونن و همکاران، ۲۰۰٦؛ اسکات و رینولدز، ۲۰۰۷) استفاده شده است. البته در ایران، استفاده از روش خط نمونه در مطالعه ویژگی‌های زیست‌سنجی جنگل کاربرد فراوانی داشته است و این روش در جنگل‌های زاگرس (نیموری و همکاران، ۲۰۰٤؛ حیدری و همکاران، ۲۰۰۹؛ فلاح و همکاران، ۲۰۱۲) و سایر نقاط ایران (علیجانپور و همکاران، ۲۰۰٤؛ نوکی و همکاران، ۲۰۰۸) به تأیید رسیده است. اشاره به این نکته ضروری است که روش خط نمونه‌ای که در مطالعه‌های ذکر شده در ایران به‌کار رفته است، براساس فاصله درختان از یکدیگر در طول خط نمونه بوده و با روش‌های مورد استفاده در این پژوهش متفاوت است.

با توجه به اهمیت این دو روش در مطالعات جنگل، بررسی مقایسه‌ای کارایی آن‌ها در برآورد تعداد در هکتار ضروری به‌نظر می‌رسد تا امکان کاربرد روش مناسب‌تر در مطالعه‌های آتی فراهم گردد. ویژگی مشترک دو روش نام‌برده این است که در هر دو از خطوطی به‌نام ترانسکت برای نمونه‌برداری استفاده می‌شود و به همین علت آن‌ها را در یک گروه از روش‌های فاصله‌ای قرار می‌دهند (کربس، ۱۹۹۹). این موضوع نیز مقایسه کارایی این دو روش را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید.

جنگل‌های زاگرس که به‌عنوان یکی از منابع بیولوژیک و ذخایر ژنتیک کشور هستند، از جنبه‌های اکولوژیک، اقتصادی و اجتماعی از اهمیت بالایی برخوردار بوده (جزیره‌ای و ابراهیمی‌رستاقی، ۲۰۰۳) و پایش آن‌ها از نظر تغییرات تعداد درختان در هکتار، در مدیریت پایدار این جنگل‌ها اهمیت به‌سزایی دارد. روش‌های مختلفی برای برآورد تعداد در هکتار در زیست‌سنجی جنگل وجود دارد که روش‌های LTS و LIS از جمله آن‌ها است. این در حالی است که استفاده از این روش‌ها در مطالعه‌های مربوط به جنگل‌های زاگرس کم‌تر مشاهده شده است. بنابراین استفاده از آن‌ها در مطالعه این جنگل‌ها، به‌ویژه درختان بنه (*Pistaciaatlantica* Desf.) به‌عنوان دومین گونه مهم در این جنگل‌ها (جزیره‌ای و ابراهیمی‌رستاقی، ۲۰۰۳؛ حمزه‌پور و همکاران، ۲۰۰٦) ضروری به‌نظر می‌رسد.

بنابراین آشنایی با روش‌های LTS و LIS و استفاده از آن‌ها می‌تواند اطلاعات ارزشمندی در مورد تعداد در هکتار درختان در جنگل ارایه کند. در این پژوهش این دو روش در شرایط یکسان برای مطالعه یک موضوع مورد بررسی قرار خواهند گرفت. بنابراین یکی از اهداف این پژوهش معرفی این روش‌های مهم و کاربردی در ناحیه رویشی زاگرس است. چنان‌چه اشاره شد کاربرد آن‌ها برای مطالعه

Archive of SID

www.SID.ir

یک موضوع امکان مقایسه آن‌ها را فراهم آورده تا در مطالعات آتی، روش مناسب‌تر به‌کار رود که این پژوهش هدف نام‌برده را نیز در بر خواهد داشت. همچنین هدف دیگر این پژوهش، بررسی امکان برآورد تعداد درختان بنه در هکتار به‌عنوان دومین گونه مهم جنگل‌های زاگرس با استفاده از این دو روش فاصله‌ای است.

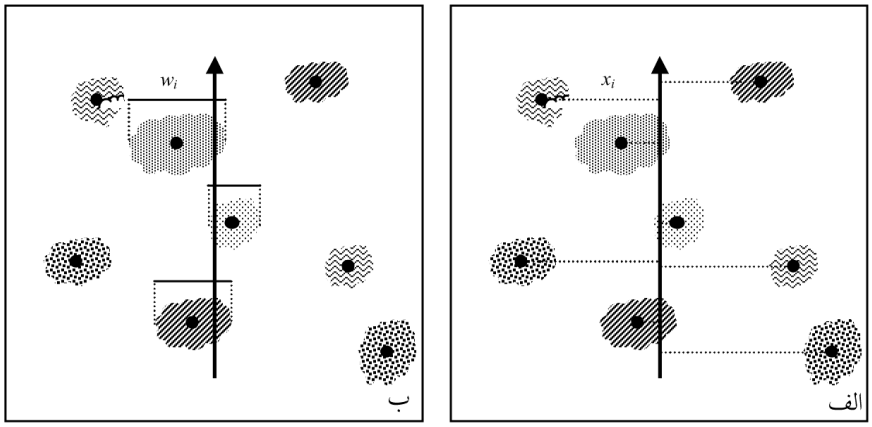
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: جنگل‌های زاگرس به‌طور عمده از گونه‌های بلوط و چند گونه دیگر مانند بنه و بادام تشکیل شده‌اند. گونه بنه (*Pistaciaatlantica* Desf.) از خانواده (*Anacardiaceae*) به‌عنوان یکی از گونه‌های مهم جنگل‌های زاگرس پس از بلوط، نقش بسیار مهمی در تثبیت خاک، جلوگیری از فرسایش، تولید و برداشت میوه و تولید سقز دارد (جزیره‌ای و ابراهیمی‌رستاقی، ۲۰۰۳؛ حمزه‌پور و همکاران، ۲۰۰۶). برای انجام این مطالعه، در استان فارس، جنگل تحقیقاتی بنه فیروزآباد که دارای تراکم قابل‌قبولی از گونه موردنظر است، انتخاب شد. این مجموعه از سال ۱۳۷۵ در قالب یک طرح جامع به‌عنوان ایستگاه تحقیقاتی بنه شناخته شده و بنابراین آشفتگی بوم‌شناختی در آن نسبت به سایر رویشگاه‌ها حداقل است (اوجی و همکاران، ۲۰۱۲). این جنگل با مساحتی بالغ بر ۹۳۷٤ هکتار در جنوب‌غربی استان فارس و شهر شیراز و در محدوده شهرستان فیروزآباد واقع شده است. موقعیت مکانی این عرصه در طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۲ درجه و ٤۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۰۰ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی قرار دارد. بخشی از این جنگل تحقیقاتی با وسعت ٤۵ هکتار انتخاب گردید که از جنوب به جاده شیراز- کازرون، از شرق و غرب به اراضی کشاورزی و از شمال به کوه منتهی می‌شد. در این بخش ۸۷۵ درخت بنه با میانگین تعداد در هکتار ۱۹/٤ وجود دارند.

روش کار: در این پژوهش از دو روش LTS و LIS برای برآورد تعداد در هکتار درختان بنه در محدوده مورد بررسی استفاده شد. در شکل ۱ نحوه اجرای این دو روش در عرصه و تفاوت‌های آن‌ها نشان داده شده است. هر یک از روش‌ها و رابطه‌های مورد استفاده در آن‌ها برای استفاده در مطالعات بعدی تشریح شد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- روش LTS (الف) و روش LIS (ب) مورد استفاده در این پژوهش (شکل از نگارنده).

روش LTS: برای برآورد تعداد در هکتار در روش LTS، برآوردکننده‌های[1] متنوعی وجود دارد که قوی‌ترین آن‌ها برآوردکننده Fourier است (باکلند و همکاران، ۲۰۰۱). در این پژوهش نیز از این برآورد کننده استفاده شد (رابطه ۱).

$$\hat{D} = \frac{n}{2La} \qquad (1)$$

که در آن، n: محاسبه تراکم از تعداد درختان تشخیص داده شده، L: طول کل ترانسکت و a: حداکثر فاصله موثر تا ترانسکت. حداکثر فاصله مؤثر تا ترانسکت (a) از رابطه $a=w.P_a$ به‌دست می‌آید که در آن، مقدار w حداکثر فاصله در مطالعه اولیه و P_a از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$P_a = \frac{\int_0^w g(x)dx}{W} \qquad (2)$$

که در آن، $g(x)$ تابع تشخیص[2] است که از مطالعه اولیه در عرصه به‌دست می‌آید. در برآوردکننده Fourier که در این پژوهش استفاده شد، مدل Hazard-rate به‌عنوان بهترین مدل برازش (وارمان و سوکومار، ۱۹۹۵؛ ملویل و ولش، ۲۰۰۱) به‌کار رفت که در نتیجه $g(x)$ از رابطه ۳ باید محاسبه گردد.

1- Estimators
2- Detection Function

Archive of SID

www.SID.ir

$$g(x) = ۱ - \exp^{-\left(\frac{x}{\sigma}\right)^{-b}} \quad (۳)$$

که در آن، x_i: مقدار فاصله عمودی هر درخت بر خط ترانسکت (شکل ۱) و σ: یک ضریب قابل محاسبه است. برای مطالعه حداکثر فاصله مؤثر از تابع تراکم احتمال[1] نیز استفاده می‌گردد که از رابطه ٤ به‌دست می‌آید (باکلند و همکاران، ۲۰۰۱). ضریب b نیز بین ٤-۱ متغیر است که با توجه به بررسی‌های قبلی، برای برآورد تعداد در هکتار درختان در جنگل باید آن را ۳ در نظر گرفت (ابرهارت، ۱۹۷۸).

$$f(x) = \frac{g(x)}{\int_{۰}^{w} g(x)dx} \quad (٤)$$

که در آن، علاوه‌بر a که نحوه محاسبه آن توضیح داده شد، باید مقدار L نیز به‌دست آید. برای تعیین طول بهینه ترانسکت در روش LTS از رابطه ۵ استفاده می‌شود.

$$L = \frac{b}{CV(\hat{D})^{۲}}\left(\frac{L_{۱}}{n_{۱}}\right) \quad (۵)$$

که در آن، CV: ضریب تغییرات مطلوب در تعداد در هکتار است که ۱۰ درصد در نظر گرفته شد. مقادیر $L_{۱}$: طول ترانسکت و $n_{۱}$: تعداد درختان ثبت شده در مطالعه اولیه از منطقه هستند. همچنین برای محاسبه تعداد نقاط نمونه‌برداری (N) از رابطه ٦ استفاده شد (ابرهارت، ۱۹۷۸).

$$CV(\hat{D}) = \sqrt{\frac{b}{N}} \quad (٦)$$

به‌منظور برآورد خطای معیار تعداد در هکتار در روش LTS از رابطه ۷ استفاده شد (باکلند و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین درصد اشتباه آماربرداری و حدود اعتماد تعداد در هکتار نیز محاسبه گردید (زبیری، ۲۰۰۷).

$$S.E.(\hat{D}) = \sqrt{\frac{\sum[l_i(\hat{D}_i - \hat{D})^{۲}]}{L(R-۱)}} \quad (۷)$$

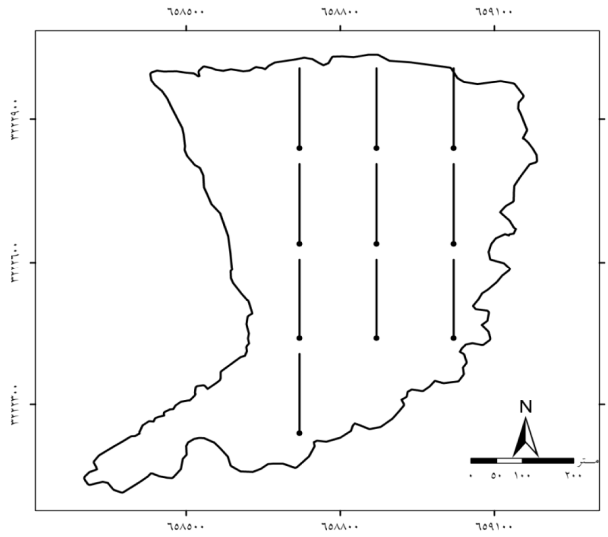
مطالعه اولیه روش LTS: برای انجام این روش، ابتدا یک ترانسکت به طول ۱۵۰ متر و عرض ۵۰ متر در منطقه مورد مطالعه در جهت شمال با یک نقطه شروع که مختصات آن به‌صورت تصادفی انتخاب گردید، پیاده شد. سپس با حرکت در طول این ترانسکت، ۲۷ درخت بنه قابل مشاهده تا فاصله ۵۰ متر شناسایی شده و فاصله عمودی آن‌ها تا ترانسکت ثبت گردید. سپس با استفاده از رابطه ۵، طول ترانسکت

1- Probability Density Function

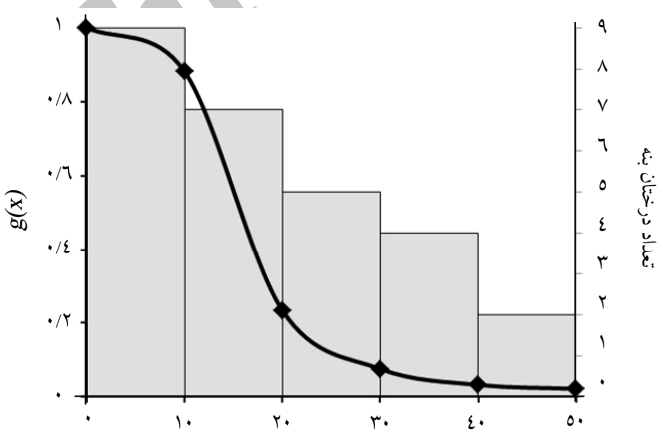
Archive of SID

www.SID.ir

مطلوب در این محدوده ۱٦٦٦/۷ متر به‌دست آمد. همچنین برای محاسبه حداکثر فاصله مطلوب در آماربرداری نهایی، $g(x)$ با برآوردکننده *Fourier* و مدل Hazard-rate به‌دست آمد که روند تغییرات آن در کنار فراوانی فاصله درختان در گروه‌های ۱۰ متری در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- محدوده منطقه مورد مطالعه در این پژوهش و روش نمونه‌برداری در آن.



شکل ۳- مقدار $g(x)$ و تعداد درختان بنه در مطالعه اولیه روش LTS.

www.SID.ir

روش LIS: روش LIS یکی از روش‌های مهم برآورد تعداد در هکتار در جنگل است. در این روش در طول یک ترانسکت، حداکثر طول تاج درختانی که با آن برخورد دارند اندازه‌گیری شده و برای محاسبه تعداد در هکتار به‌کار می‌روند (باکوس، ۲۰۰۷). ابتدا در این روش باید طول مطلوب ترانسکت تعیین گردد. برای این منظور یک مطالعه اولیه انجام شده و براساس نسبت طول ترانسکت به تعداد درختانی که با آن برخورد دارند عمل شد. طول مطلوب ترانسکت، فاصله‌ای است که نسبت محاسبه شده حداکثر باشد (وان‌واگنر، ۱۹٦۸). همچنین برای برآورد تعداد در هکتار در روش LIS، رابطه ۸ به‌کار رفت (ابرهارت، ۱۹۷۸).

$$\hat{D} = [\frac{۱}{L}]\sum_{i=۱}^{k}\left(\frac{۱}{w_i}\right) \qquad (۸)$$

که در آن، k: کل درختانی هستند که با ترانسکت برخورد داشته و w_i: حداکثر طول تاج درختی است که با با ترانسکت برخورد داشته و باید عمود بر آن اندازه‌گیری شود (شکل ۱). همچنین برای محاسبه خطای معیار در این روش از رابطه ۹ استفاده شد. برای نحوه محاسبه اجزای این رابطه به پژوهش ابرهارت (۱۹۷۸) مراجعه شود. همچنین درصد اشتباه آماربرداری و حدود اعتماد تعداد در هکتار نیز محاسبه گردید (زبیری، ۲۰۰۷).

$$S.E.(\hat{D}) = \hat{D}\sqrt{\frac{(S_y/\bar{y})^۲ + (S_L/\bar{L})^۲ - ۲(C_{yL})}{n-۱}} \qquad (۹)$$

آزمون آماری نتایج: علاوه‌بر مطالعه دقت نتایج با استفاده از درصد اشتباه آماربرداری، به‌منظور بررسی صحت نتایج، تعداد در هکتار به‌دست آمده از روش‌های LTS و LIS با مقدار واقعی تعداد در هکتار منطقه پژوهش با استفاده از آزمون t تک‌نمونه‌ای مقایسه شده و معنی‌داری اختلاف بین میانگین‌های به‌دست آمده با مقدار واقعی تعیین گردید (بی‌همتا و زارع‌چاهوکی، ۲۰۰۸).

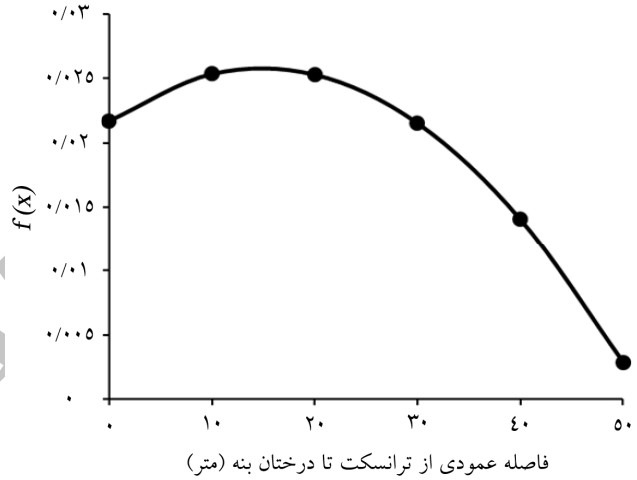
نتایج

روش LTS: نتایج نشان داد که با توجه به تابع $g(x)$، مقدار P_a (رابطه ۲) ۰/۹۲۰۸ به‌دست آمد که در نتیجه، مقدار حداکثر فاصله مطلوب (a) ٤٦ متر محاسبه شد. همچنین از $f(x)$ نیز برای مطالعه حداکثر

Archive of SID

www.SID.ir

فاصله مؤثر استفاده شد که نحوه تغییرات این تابع متناسب با فاصله در شکل ٤ ملاحظه می‌شود. از آن‌جایی‌که توصیه می‌شود در برآورد تعداد در هکتار، به‌جای یک ترانسکت بلند، از چند ترانسکت کوتاه در نقاط تصادفی استفاده شود (بارابسی و همکاران، ۲۰۰۲؛ ملویل و ولش، ۲۰۰۵)، بنابراین نیاز به تعدادی نقطه نمونه‌برداری وجود داشت که با استفاده از رابطه ٦، تعداد نقاط نمونه‌برداری ۱۰ عدد به‌دست آمد. با توجه به نتایج در هر نقطه نمونه‌برداری یک ترانسکت به طول ١٦٧ متر باید پیاده می‌شد. با در نظر گرفتن طول ترانسکت بهینه و تعداد نقاط نمونه‌برداری، یک شبکه با ابعاد ۲۰۰×۱۵۰ متر مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲). نتایج به‌دست آمده از اجرای ۱۰ ترانسکت با طول ١٦٧ متر در روش LTS (جدول ۱) نشان داد که میانگین تعداد در هکتار درختان بنه با استفاده از روش LTS برابر با ۲۱/۱ پایه در هکتار است. خطای معیار این مقدار ۲/۲ بوده و حدود اعتماد میانگین تعداد در هکتار با احتمال ۹۵ درصد، ١٦ و ٢٦/٢ به‌دست آمد. آزمون آماری t (در سطح ۵ درصد) نیز نشان داد اختلاف بین میانگین واقعی جامعه و نتیجه به‌دست آمده از روش LTS از نظر آماری معنی‌دار نیست زیرا مقدار معنی‌داری از ۰/۰۵ بزرگ‌تر است (جدول ۲).



شکل ٤- مقدار $f(x)$ درختان بنه در مطالعه اولیه روش LTS.

www.SID.ir

جدول ۱- نتایج به‌دست آمده از روش‌های LTS و LIS در محدوده پژوهش.

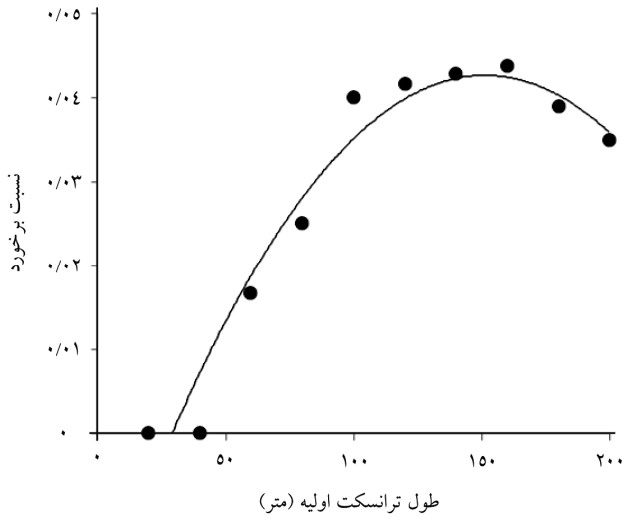
شماره ترانسکت	روش LTS		روش LIS	
	مجموع درختان بنه	تعداد در هکتار	مجموع $1/w_i$	تعداد در هکتار
۱	۳۶	۲۳/٤	۰/٤۳۵	۲٦
۲	۲۵	۱٦/۳	۰/۷۱۷	٤۲/۹
۳	۲۷	۱۷/٦	۰/۲۹۷	۱۷/۸
٤	۲٦	۱٦/۹	۰/۲۹٦	۱۷/۷
۵	۱۸	۱۱/۷	۰	۰
٦	۲۵	۱٦/۳	۰/۲٤٤	۱٤/٦
۷	۲۸	۱۸/۲	۰/۱۰۹	٦/۵
۸	٤۷	۳۰/٦	۰/۵۹۹	۳۵/۹
۹	٤۹	۳۱/۹	۰/۵۸۱	۳٤/۸
۱۰	٤٤	۲۸/٦	۱/۰٦۸	٦۳/۹
میانگین	-	۲۱/۱	-	۲٦

روش LIS: به‌منظور تعیین طول بهینه ترانسکت در روش LIS ابتدا یک خط به طول ۲۰۰ متر با نقطه شروع تصادفی پیاده شد. سپس نسبت تعداد برخورد درختان به‌ازای هر ۲۰ متر محاسبه گردید (شکل ۵). نتایج نشان داد که طول ترانسکت ۱٦۰ متر حداکثر نسبت برخورد (۰/۰٤٤) با ۷ درخت بنه را دارد. با توجه به این‌که طول بهینه ترانسکت در این روش نزدیک به روش LTS (۱٦۷ متر) به‌دست آمد، از ترانسکت و شبکه مورد استفاده در روش LTS برای این روش نیز استفاده شد.

نتایج به‌دست آمده از روش LIS (جدول ۱) نشان داد که میانگین تعداد در هکتار درختان بنه با استفاده از این روش ۲٦ پایه درخت بنه در هکتار است. خطای معیار این مقدار ۳/۳ بوده و حدود اعتماد میانگین تعداد در هکتار با احتمال ۹۵ درصد، ۱۸/۷ و ۳۳/۳ به‌دست آمد. آزمون آماری t نیز نشان داد اختلاف بین میانگین واقعی جامعه و نتیجه به‌دست آمده از روش LIS از نظر آماری معنی‌دار است زیرا مقدار معنی‌داری از ۰/۰۵ کم‌تر است (جدول ۲).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵- نسبت برخورد درختان بنه با ترانسکت در مطالعه اولیه روش LIS.

جدول ۲- آزمون آماری میانگین تعداد در هکتار درختان بنه به‌دست آمده از روش‌های LTS و LIS و مقدار واقعی آن در محدوده پژوهش.

روش	میانگین تعداد در هکتار	درجه آزادی	آماره آزمون	معنی‌داری
LTS	۲۱/۱	۹	۰/۷٦	۰/۲۷۸^{ns}
LIS	۲٦	۹	۲/٦۹	۰/۰۳۵**

**معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ^{ns}غیرمعنی‌دار.

بحث و نتیجه‌گیری

اهمیت پایش توده‌های جنگلی و آگاهی از تغییرات تعداد در هکتار آن‌ها برای اهداف مختلف از جمله مطالعه تغییرات تنوع زیستی رو به افزایش است. در ارتباط با این موضوع، روش‌های فاصله‌ای که از ترانسکت استفاده می‌کنند، قابلیت مطلوبی در ارزیابی تعداد در هکتار گونه‌های مختلف در جنگل دارند (باکلند و همکاران، ۲۰۰۱؛ کوهل و همکاران، ۲۰۰٦؛ باکوس، ۲۰۰۷). بنابراین این پژوهش با هدف معرفی دو روش مهم فاصله‌ای به‌منظور کاربرد گسترده‌تر آن‌ها در مطالعات جنگل‌های زاگرس انجام شد. دو روش LTS و LIS در برآورد تراکم گیاهان کاربرد فراوان دارند ولی کارایی آن‌ها در شرایط مختلف باید مورد بررسی قرار گیرد (ملویل و ولش، ۲۰۰۱؛ فیوستر و همکاران، ۲۰۰۵؛ باکوس، ۲۰۰۷).

Archive of SID

www.SID.ir

روش LTS روشی بسیار قوی در برآورد تراکم گیاهان است که می‌تواند تعداد در هکتار را با خطای اندک برآورد نماید. این روش در مناطق خشک و نیمه‌خشک نتایج قابل‌قبولی در مطالعه تراکم پوشش گیاهی ارایه کرده است (سافرانیک و لینتون، ۲۰۰۲؛ کوهل و همکاران، ۲۰۰٦؛ باکوس، ۲۰۰۷). به همین دلیل در این پژوهش برای برآورد تعداد در هکتار درختان بنه در جنگل‌های زاگرس به‌کار رفت. در مطالعه اولیه برای روش LTS چنان‌چه در شکل ۳ ملاحظه شد، حداکثر مشاهده‌ها تا فاصله ۱۰ متری از ترانسکت بوده و با افزایش فاصله، تعداد درختان بنه ثبت شده کاهش یافته است. دلایل این موضوع ممکن است اندازه درختان بنه، شرایط محیطی (پستی و بلندی یا پشت هم قرار گرفتن درختان در دید عمود) و یا شرایط آماربردار (حداکثر توان دید) باشند. با توجه به $g(x)$ که احتمال تشخیص درختان را به‌عنوان تابعی از فاصله نشان می‌دهد، حداکثر فاصله مناسب از ترانسکت برای آماربرداری نهایی، ٤٦/٠٤ متر به‌دست آمد که ٤٦ متر در نظر گرفته شد. این مقدار برای هر مطالعه باید پس از یک مطالعه اولیه محاسبه گردد (کانگاس و مالتامو، ۲۰۰٦؛ باکلند و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین برای محاسبه حداکثر فاصله مطلوب در برخی منابع (انگمان و بروماگین، ۱۹۹۰؛ بارابسی و همکاران، ۲۰۰۲؛ جانگ و لو، ۲۰۱۰) از $f(x)$ استفاده شده است که به همین دلیل در این پژوهش محاسبه شد. مقدار $f(x)$ در هر فاصله بیانگر سهم احتمال تشخیص هر درخت بنه از احتمال کل در آن فاصله است. در شکل ٤ ملاحظه شد که با افزایش فاصله، مقدار $f(x)$ مانند $g(x)$ کاهش می‌یابد. تفاوت در این است که مقدار $g(x)$ در فاصله صفر برابر با یک است (شکل ۳). این در حالی است که مقدار $f(0)$ برابر با ۰/۰۲۱۷ به‌دست آمد. اگرچه $f(x)$ شکل تغییریافته $g(x)$ می‌باشد (رابطه ٤)، ولی در برخی مطالعات که در بالا اشاره شد به‌جای $g(x)$ مورد استفاده قرار گرفته است زیرا امکان محاسبه مقدار تابع را در فاصله صفر فراهم می‌آورد. تعیین تابع $g(x)$ امکان محاسبه حداکثر فاصله مطلوب را فراهم آورد که این مقدار با توجه به رابطه ۲ برابر با ٤٦ متر به‌دست آمد. زیرا با توجه به تابع $g(x)$ در منطقه مورد مطالعه حداکثر تا این فاصله می‌توان بیش‌تر درختان بنه را مشاهده و ثبت نمود. همچنین استفاده از برآوردکننده Fourier و مدل Hazard-rate در تعیین تابع $g(x)$ روش LTS در سایر پژوهش‌های انجام گرفته (انگمان و بروماگین، ۱۹۹۰؛ ملویل و ولش، ۲۰۰۱؛ جانگ و لو، ۲۰۱۰) تأیید شده است.

استفاده از ترانسکت‌های کوتاه و متعدد در قالب یک شبکه منظم تصادفی در بررسی‌های مختلف که از روش LTS استفاده کرده‌اند (وارمان و سوکومار، ۱۹۹۵؛ جوردن و همکاران، ۲۰۰٤؛ جانگ و لو، ۲۰۱۰) مورد تأیید قرار گرفته است. در این پژوهش نیز با توجه به نتایج مطالعه اولیه و تعداد نقاط

Archive of SID

www.SID.ir

نمونه‌برداری (۱۰ عدد)، یک شبکه طراحی شد و روی نقشه منطقه قرار گرفت (شکل ۲) که نقاط به‌نحوی انتخاب شدند که ترانسکت با طول ۱۶۷ متر و عرض ٤٦ متر در خارج از مرز قرار نگیرد.

نتایج روش LTS (جدول ۱) نشان داد که میانگین تعداد در هکتار درختان بنه ۲۱/۱ پایه در هکتار با خطای معیار ۲/۲ است. حدود اعتماد میانگین تعداد در هکتار (۹۵ درصد) ۱٦ و ۲٦/۲ به‌دست آمد و آزمون آماری (در سطح ۵ درصد) نیز نشان داد اختلاف معنی‌داری بین میانگین واقعی جامعه (۱۹/٤) و نتیجه به‌دست آمده از روش LTS وجود ندارد (جدول ۲). بنابراین کارایی روش LTS در این پژوهش مورد تأیید قرار گرفت. این دستاورد با نتایج سایر پژوهش‌ها که روش LTS را در برآورد تراکم مورد تأیید قرار دادند (ملویل و ولش، ۲۰۰۱؛ سافرانیک و لینتون، ۲۰۰۲؛ باکلند و همکاران، ۲۰۰۷) مطابقت دارد. در مطالعه سافرانیک و لینتون (۲۰۰۲) که در آن تعداد درختان کاج آلوده به بیماری با استفاده از روش LTS برآورد شده است، کارایی این روش مورد تأیید قرار گرفته و توصیه شده است که تابع $g(x)$ در هر مطالعه با توجه به شرایط آن ارایه گردد. در این پژوهش نیز با انجام این مرحله از طریق مطالعه اولیه و سپس استفاده از تابع $g(x)$ ویژه این پژوهش، پیشنهاد آن‌ها مورد تأیید و تاکید قرار می‌گیرد.

روش دیگر مورد مطالعه در این پژوهش، روش LIS بود که در مطالعات جنگل کاربردهای مختلفی دارد (جوردن و همکاران، ۲۰۰٤؛ کیوان‌بهجو و همکاران، ۲۰۰۷؛ لیگوت و همکاران، ۲۰۱۲). ابتدا باید طول بهینه ترانسکت انتخاب می‌شد که این مرحله با انجام یک مطالعه اولیه و استفاده از یک ترانسکت به طول ۲۰۰ انجام شد و مشخص گردید طول بهینه ترانسکت در این منطقه ۱٦۰ متر است (شکل ۵). از آن‌جایی‌که این مقدار به طول ترانسکت به‌دست آمده در هر نقطه نمونه‌برداری در روش LTS نزدیک بود و همچنین در برخی مطالعات اشاره شد که تعداد ۱۵–۱۰ ترانسکت در روش LIS مناسب است مشروط بر این‌که به‌خوبی در تمام عرصه پراکنش داشته باشند (باکوس، ۲۰۰۷)، بنابراین از شبکه و ترانسکت‌های طراحی شده برای روش قبل در این روش نیز استفاده شد.

استفاده از روش LIS (جدول ۱) نشان داد که به‌طور متوسط ۲٦ درخت بنه در هکتار در منطقه مورد بررسی وجود داشته که خطای معیار این مقدار ۳/۳ بوده و حدود اعتماد آن (۹۵ درصد) ۱۸/۷ و ۳۳/۳ است. همچنین اختلاف بین میانگین واقعی جامعه (۱۹/٤) و میانگین به‌دست آمده از این روش از نظر آماری معنی‌دار است (جدول ۲). بنابراین استفاده از آن در منطقه مورد مطالعه قابل توصیه نیست زیرا علاوه‌بر این‌که میانگین به‌دست آمده متفاوت از مقدار واقعی بوده، خطای معیار بیش‌تری نسبت به روش قبل (۲/۲) داشته و دامنه حدود اعتماد آن نیز گسترده‌تر است.

Archive of SID

www.SID.ir

در برخی مطالعات از روش LIS در برآورد تراکم پوشش گیاهی استفاده کرده و آن را مورد تأیید قرار داده‌اند (هانلی، ۱۹۷۸؛ کوهل، ۲۰۰۱). در بررسی‌های انجام شده در جنگل (کورهونن و همکاران، ۲۰۰۶؛ اسکات و رینولدز، ۲۰۰۷) از این روش در برآورد تراکم استفاده کرده و آن را مورد تأیید قرار داده‌اند. هر چند در مطالعه اسکات و رینولدز (۲۰۰۷) پیشنهاد شده برای برآورد تعداد در هکتار درختان در جنگل می‌توان از روش نواری استفاده کرد. در این پژوهش نیز توصیه می‌شود برای برآورد تعداد در هکتار درختان بنه در محدوده بررسی از روش LTS استفاده شود که نتایج قابل‌قبولی در مقایسه با روش LIS در شرایط یکسان ارایه کرده است. از طرف دیگر یکی از اشکالات مهم روش LIS این است که درختان با تاج بزرگ‌تر به‌دلیل احتمال بیش‌تر برخورد با خط ترانسکت، دارای وزن بیش‌تری در محاسبه‌ها بوده و در برآورد تعداد در هکتار ایجاد خطا می‌کنند (باکوس، ۲۰۰۷). به همین علت باید در استفاده از روش نام‌برده به این موضوع توجه داشت زیرا نتایج به‌دست آمده به‌دلیلی که گفته شد از واقعیت اریب خواهند بود.

به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت در این پژوهش روش LTS نسبت به روش LIS از کارایی بیش‌تری در برآورد تعداد در هکتار درختان بنه برخوردار بوده است. در روش LTS ویژگی مورد بحث ۲۱/۱ (خطای معیار ۲/۲) به‌دست آمده که از نظر آماری، این نتیجه تفاوتی با واقعیت جامعه مورد مطالعه نداشته است. در حالی‌که روش LIS با برآورد ۲۶ (خطای معیار ۳/۳) برای این مشخصه و با اختلاف معنی‌دار از مقدار واقعی قادر به برآورد صحیح آن نبود. البته باید در نظر داشت به‌دلیل تئوری روش LIS احتمال وجود ترانسکت‌های بدون برخورد با درخت (جدول ۱ در این پژوهش) وجود دارد که این موضوع در توده‌های تنک با ساختار تجمعی درختان (مانند منطقه مورد مطالعه این پژوهش) شدت می‌یابد. بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی در جنگل‌های زاگرس نتایج این پژوهش مدنظر قرار گیرد. همچنین با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان توصیه نمود که روش LTS در سایر نقاط جنگل‌های زاگرس و برای سایر گونه‌های مهم این جنگل‌ها (مانند بلوط) نیز ارزیابی شده و در صورت تأیید کارایی آن، مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسنده بر خود لازم می‌داند از آقای پروفسور یوآخیم سابارفسکی، استاد بیومتری جنگل در دانشگاه گوتینگن آلمان، سپاسگزاری نماید زیرا انجام این پژوهش با راهنمایی‌های ارزشمند ایشان امکان‌پذیر شد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1.Alijanpour, A., Zobeiri, M., Marvi Mohajer, M.R. and Zargham, N. 2004. An investigation of the best statistic sampling method in forests of Arasbaran. Iran. J. Natur. Resour. 56: 4. 397-405. (In Persian)
2.Bakus, J. 2007. Quantitative Analysis of Marine Biology Communities: Field Biology and Environment. John Wiley & Sons, Inc., 400p.
3.Barabesi, L., Greco, L. and Naddeo, S. 2002. Density estimation in line transect sampling with grouped data by local least squares. J. Environ. 13: 167-176.
4.Bihamta, M.R. and Zare Chahouki, M.A. 2008. Principles of statistics for the natural resources science. University of Tehran Press, 300p. (In Persian)
5.Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. and Thomas, L. 2001. Introduction to Distance Sampling. Oxford University Press, 446p.
6.Buckland, S.T., Borchers, D.L., Johnston, A., Henrys, P.A. and Marques, T.A. 2007. Line transect methods for plant surveys. J. Biometrics. 63: 989-998.
7.Chirici, Gh., Winter, S. and Mc Roberts, R.E. 2011. National forest inventories: contributions to forest biodiversity assessments. Springer, 226p.
8.Eberhardt, L.L. 1978. Transect Methods for Population Studies. Wildlife Management, 42: 1. 1-31.
9.Engeman, R.M. and Bromaghin, J.F. 1990. An approach to estimating density from line transect data where the animals move in response to the observer. J. Stat. Comp. Sim. 34: 145-154.
10.Fallah, A., Zobeiri, M., RahimipourSisakht, A. and Naghavi, H. 2012. Investigation on four sampling methods for canopy cover estimation in Zagros oak forests (Case Study: Mehrian forests of Yasuj city). Iran. J. For. Pop. Res. 20: 2. 194-203. (In Persian)
11.Fewster, R.M., Laake, J.L. and Buckland, S.T. 2005. Line transect sampling in small and large regions. J. Biometrics. 61: 856-859.
12.Hamzehpour, M., Bordbar, S.K., Joukar, L. and Abbasi, A.R. 2006. The potential of rehabilitation of wild pistachio forests through straight seed sowing and seedling planting. Iran. J. For. Pop. Res. 14: 3. 207-220. (In Persian)
13.Hanley, Th.A. 1978. A comparison of the line-interception and quadrat estimation methods of determining shrub canopy coverage. J. Ran. Manage. 31: 60-62.
14.Heidari, R.H., Zobeiri, M., Namiranian, M. and Sobhani, H. 2009. Comparison of circular plot and transect sampling methods in Zagros oak forests (Case study: Educational and Research Forest of Razi University, Kermanshah Province). Iran. J. For. Pop. Res. 17: 3. 359-368. (In Persian)
15.Jang, W. and Loh, J.M. 2010. Density estimation for grouped data with application to line transect sampling. Annals of Applied Statistics: 4: 893-915.

Archive of SID

www.SID.ir

16.Jazirehi, M.H. and Ebrahimi Rostaghi, M. 2003. Silviculture in Zagros. University of Tehran Press, 560p. (In Persian)
17.Jordan, G.J., Ducey, M.J. and Gove, J.H. 2004. Comparing line-intersect, fixed-area, and point relascope sampling for dead and downed coarse woody material in a managed northern hardwood forest. Can. J. For. Res. 34: 1766-1775.
18.Kangas, A. and Maltamo, M. 2006. Forest inventory: methodology and applications. Springer, 365p.
19.Keivan Behjo, F., Sobhani, H. and Zobeiri, M. 2007. Volume and weight assessment of residuals by line intersect sampling (Case study: Chafroud watershed). Iran. J. Natur. Resour. 60: 1. 103-114. (In Persian)
20.Kohl, M., Magnussen, S. and Marchetti, M. 2006. Sampling methods, remote sensing and GIS multiresource forest inventory. Springer, 388p.
21.Korhonen, L., Korhonen, K.T., Rautiainen, M. and Stenberg, P. 2006. Estimation of forest canopy cover: a comparison of field measurement techniques. J. Silva Fennica. 40: 4. 577-588.
22.Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. Second Edition, Addison Welsey Educational Publisher Inc., Benjamin/Cummings imprint, 581p.
23.Kuehl, R.O., Mc Claran, M.P. and Van Zee, J. 2001. Detecting fragmentation of cover in desert grasslands using line intercept. J. Ran. Manage. 54: 61-66.
24.Ligot, G., Lejeune, Ph., Rondeux, J. and Hebert, J. 2012. Assessing and Harmonizing Lying Deadwood Volume with Regional Forest Inventory Data in Wallonia (Southern Region of Belgium). The Open Forest Science, 5: 15-22.
25.Melville, G.J. and Welsh, A.H. 2001. Line transect sampling in small regions. J. Biometrics. 57: 1130-1137.
26.Melville, G.J. and Welsh, A.H. 2005. [Line transect sampling in small regions]:Reply. J. Biometrics. 61: 859-861.
27.Nimvari, J.E., Zobeiri, M., Sobhani, H. and Zangeneh, H.P. 2004. A comparison of randomized-systematic sampling with circle shape plot and transect method based on precision and cost (Case Study: Sorkhedizeh of Kermanshah). Iran. J. Natur. Resour. 56: 4. 383-396. (In Persian)
28.Noki, Y., Zobeiri, M. and Feghhi, J. 2008. Application of transect sampling in Khalkhal protected forests. Iran. J. Natur. Resour. 60: 4. 1343-1355. (In Persian)
29.Owji, M.Gh. and Hamzepour, M. 2012. Vegetation profile of wild pistachio experimental forest. Research Institute of Forests and Rangelands Press, 240p. (In Persian)
30.Ridgway, M.S. 2010. Line transect distance sampling in aerial surveys for double-crested cormorants in coastal regions of lake Huron. J. Great Lakes Resour. 36: 403-410.
31.Safranyik, L. and Linton, D.A. 2002. Line transect sampling to estimate the density of lodgepole pine currently attacked by mountain pine beetle. Information Report BC-X-392, Natural Resources Canada, 17p.

Archive of SID

www.SID.ir

32. Scott, M.L. and Reynolds, E.W. 2007. Field-based evaluation of sampling techniques to support long-term monitoring of riparian ecosystems along wadeable streams on the Colorado Plateau: U.S. Geological Survey Open-File Report 2007-1266, 57p.
33. Van Wagner, C.E. 1968. The line intersect method in forest fuel sampling. Forest Science, 15: 20-26.
34. Varman, K. and Sukumar, R. 1995. The line transect method for estimating densities of large mammals in a tropical deciduous forest: an evaluation of models and field experiments. J. Biosci. 20: 273-287.
35. Zobeiri, M. 2007. Forest biometry. University of Tehran Press, 405p. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 20 (2), 2013
http://jwfst.gau.ac.ir

Efficiency of LTS and LIS methods for density estimation of wild pistachio (*Pistaciaatlantica* Desf.) trees in Zagros woodlands, Iran

***S.Y. Erfanifard**
Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran
Received: 02/20/2013; Accepted: 07/17/2013

Abstract

Density (i.e. number of trees per hectare) in a forest stand shows current status of the stand and its monitoring is important to assess the stand's changes. On the other hand, application of distance methods is spread widely to estimate stand density, especially in woodlands. This research was aimed to apply and compare LTS and LIS methods, as important distance methods, to estimate wild pistachio density in Zagros forests, Iran. A 45 ha plot was selected in Wild Pistachio Research Forest in Fars province for this purpose. A pilot experiment showed that the effective length of transect was 167 meters in LTS method that was applied in 10 sampling points and the perpendicular distances of the wild pistachio trees less than 46 meters were measured in these transects. Also in LIS method, a preliminary inventory showed that the transects applied in LTS method was suitable for this method. The results showed that the density of wild pistachio trees was 21.1 with 95% Cl=16-26.2 and the mean density was not also different from the true density (19.4 trees ha^{-1}) significantly. While density was 26 in LIS method with 95% Cl=18.7-33.3 and it was significantly different from the true density. Consequently, LTS method was more efficient for wild pistachio density estimate in the study area and it is suggested to assess this method in other parts of Zagros forests.

Keywords: Wild pistachio, Density, Zagros, LIS, LTS

* Corresponding Author; Email: erfanifard@shirazu.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir