

ارائه یک برآوردکننده جدید تراکم درختان برای روش فاصله‌ای نقطه مشترک

رضاحسین حیدری*

– استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. (rhheidary@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۱/۱۱

چکیده

روش نمونه‌برداری نقطه مشترک یکی از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در آماربرداری جنگل است. برای برآورد تراکم درختان در این روش برآوردکننده‌هایی توسط باچلر و انجمن و همکاران ارائه شده است که نسبت به الگوی پراکنش درختان در حالت غیرتصادفی اریب هستند. هدف این بررسی معرفی برآوردکننده جدیدی برای برآورد تراکم درختان با روش نقطه مشترک است که نسبت به الگوی پراکنش درختان اریب نباشد و نسبت به دو برآوردکننده پیشین کارایی بیشتری داشته باشد. به همین منظور تعداد ۴۴ نمونه برای هریک از شش روش نمونه‌برداری: قطعه نمونه دایره‌ای (۱۰ آری به عنوان مقدار واقعی)، نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین همسایه، روش ترکیبی، دومین نزدیک‌ترین همسایه و روش نقطه مشترک در جنگل سرخه دیزه دالاهو کرمانشاه با استفاده از طرح نمونه‌برداری منظم تصادفی (در یک شبکه ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر) برداشت شد. بعد از آن تراکم درختان توده جنگلی با ۱۰ برآوردکننده از روش‌های فوق و برآوردکننده جدید محاسبه شد و تراکم به دست آمده با رابطه جدید با برآوردکننده‌های باچلر و انجمن و همکاران و برآوردکننده‌های سایر روش‌های فاصله‌ای در حالت‌های مختلف الگوی پراکنش درختان (یکنواخت، تصادفی و کپه‌ای) از نظر معیارهای صحت و دقت مقایسه شد. نتایج به دست آمده نشان داد که برآوردکننده جدید نه تنها بالاترین کارایی را نسبت به برآوردکننده‌های باچلر و انجمن و همکاران نشان داد بلکه از بقیه برآوردکننده‌های روش‌های دیگر مناسب‌تر بود. این برآوردکننده علاوه بر مزایای فوق در مقایسه با روش قطعه نمونه دایره‌ای شکل نیز نتایج مناسبی را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: بلوط، تراکم، روش فاصله‌ای، زاگرس.

مقدمه

تراکم یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های پوشش گیاهی است (Bonham, 2013). برای برآورد تراکم درختان از روش‌های نمونه‌برداری با قطعه نمونه و بدون قطعه نمونه (فاصله‌ای) استفاده می‌شود. روش‌های نمونه‌برداری جنگل از نظر دقت، صحت، کارایی و هزینه تنوع زیادی دارند (Seraj et al., 2019). در بررسی‌های اکولوژیکی هدف اصلی نمونه‌برداری یک برآورد صحیح و دقیق از بعضی از ویژگی‌های جوامع گیاهی است (Borges Silva et al., 2017). بیشتر نمونه‌برداری‌ها با قطعات نمونه با مساحت ثابت انجام می‌شود (Haxtema et al., 2012). برای اندازه‌گیری تراکم گیاهان، روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای از دهه ۱۹۵۰ میلادی به کار رفته‌اند (Bonham, 2013). بیشتر روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای دارای بیش از یک برآوردکننده هستند. بهترین و کارآمدترین برآوردکننده، برآوردکننده‌ای است که بالاترین دقت و صحت و کمترین اریبی و زمان آماربرداری را داشته باشد (Basiri et al., 2018). پیدایش و اجرای روش‌های بدون سطح و شکل ثابت با هدف بالابردن سرعت آماربرداری، کاهش زمان آماربرداری و در نتیجه پایین نگه داشتن هزینه اجرایی آن و رسیدن به دقتی مناسب است (Namiranian, 2010). برآورد تراکم با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای تحت تأثیر الگوی پراکنش مکانی است. به‌طورکلی، برآوردکننده‌های تراکم بدون قطعه نمونه بر مبنای تصادفی بودن الگوی پراکنش مکانی جمعیت توسعه یافتند (Engeman and Sugihara, 1998). اگر گیاهان و جانوران دارای الگوی پراکنش تصادفی باشند، برآورد تراکم با روش‌های فاصله‌ای ناریب خواهد بود و اگر دارای الگوی پراکنش کپه‌ای باشند، برآورد تراکم با روش‌های فاصله‌ای اریب خواهد بود؛ بنابراین قبل از برآورد

تراکم جمعیت با استفاده از روش‌های فاصله‌ای، بایستی الگوی پراکنش افراد آن جمعیت را تعیین کرد (Krebs, 1989). اریبی وابسته به طرح (شبکه آماربرداری، تعداد نقاط و غیره) یا برآوردکننده است. وقتی که فاصله بین نقاط نمونه و درختان و یا فاصله بین درختان کم باشد، برآوردکننده‌ها، برآورد بیشتری از شاخص‌های کمی ارائه می‌دهند که این خود می‌تواند معضل بزرگی برای تعیین شاخص‌های کمی در جنگل‌های تنک باشد (Askari et al., 2013).

یکی از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای، روش نقطه مشترک (Joint-point method) است. این روش به‌وسیله Batcheler پژوهشگر نیوزلندی در سال‌های ۱۹۷۱ و ۱۹۷۵ ارائه شد. برای این روش رابطه‌هایی برای برآورد تراکم درختان توسط Batcheler (1975) و Engeman و همکاران (1994) ارائه شده است (Haidari, 2008).

بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که فرمول‌های ارائه‌شده توسط پژوهشگران فوق در بیشتر موارد به‌خصوص اگر الگوی پراکنش درختان کپه‌ای باشد، برآورد تراکم را اریب نشان می‌دهند. Engeman و همکاران (1994) با مقایسه تعدادی از روش‌های فاصله‌ای با استفاده از برنامه شبیه‌سازی مونت‌کارلو نتیجه حاصل از این روش را اریب تشخیص دادند (Engeman et al., 1994).

بررسی‌های انجام‌شده توسط Haidari (2006) نشان می‌دهد که برآورد تراکم درختان با استفاده از فرمول ارائه‌شده توسط Batcheler (1975) در حالت الگوی پراکنش کپه‌ای درختان اریب است (Haidari, 2006). Askari و همکاران (2013) برای برآورد ویژگی‌های کمی جنگل‌های زاگرس با استفاده از پنج روش فاصله‌ای به این نتیجه رسیدند که فرمول ارائه شده توسط Engeman و همکاران (1994) برآورد

اریبی از تراکم درختان را نشان داده است (Askari et al., 2013). Kiani و همکاران (2013) نیز در مقایسه تعدادی از روش‌های فاصله‌ای در تاغ‌زارهای سیاهکوه استان یزد به این نتیجه رسیدند که فرمول ارائه‌شده توسط Engeman و همکاران (1994) برآورد تراکم بوته‌ها را اشتباه نشان داده است (Kiani et al., 2013). جنگل‌های بلوط غرب جزء جنگل‌های حفاظتی بوده و از نظر توپوگرافی کوهستانی و از نظر پوشش درختی معمولاً دارای تراکم کم بوده و بیشتر دارای الگوی پراکنش کپه‌ای هستند (Haidari et al., 2007) و نیاز منطقه ایجاب می‌کند که از روش‌های نمونه-برداری با هزینه کم استفاده شود. از روش‌های نمونه-برداری کم‌هزینه که مدتی است در این جنگل‌ها استفاده می‌شود روش فاصله‌ای نقطه مشترک است که برآوردکننده‌های ارائه‌شده توسط Batcheler (1975) و Engeman و همکاران (1994) برای این روش در این جنگل‌ها به علت الگوی پراکنش کپه‌ای درختان منطقه نتایج قابل‌قبولی را ارائه نداده‌اند. از این‌رو موارد فوق سبب شد تا برآوردکننده جدیدی برای برآورد تراکم درختان با توجه به شرایط جنگل‌های زاگرس ارائه شود. ضرورت انجام این بررسی کاربرد نتایج آن در اکولوژی کاربردی به‌ویژه برای برآورد تراکم گیاهان در منابع طبیعی و نیز بخش جنگل منطقه زاگرس و جنگل‌های مشابه است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی در غرب روستای سرخه دیزه شهرستان دالاهو استان کرمانشاه واقع شده است. مساحت جنگل مورد بررسی ۲۳۰ هکتار و از نظر موقعیت جغرافیایی در حد فاصل عرض‌های جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲۴

دقیقه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه تا ۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی واقع شده است. از نظر توپوگرافی منطقه‌ای است کوهستانی و دامنه ارتفاعی آن از سطح دریا از ۱۱۷۰ متر تا ۱۳۰۰ متر است. پوشش گیاهی منطقه از نظر جوامع جنگلی در جامعه بلوط ایرانی (*Quercetum persicum*) قرار داشته و گونه بلوط ایرانی (*Quercus persica*) گونه غالب جنگل را تشکیل می‌دهد (Haidari, 2006).

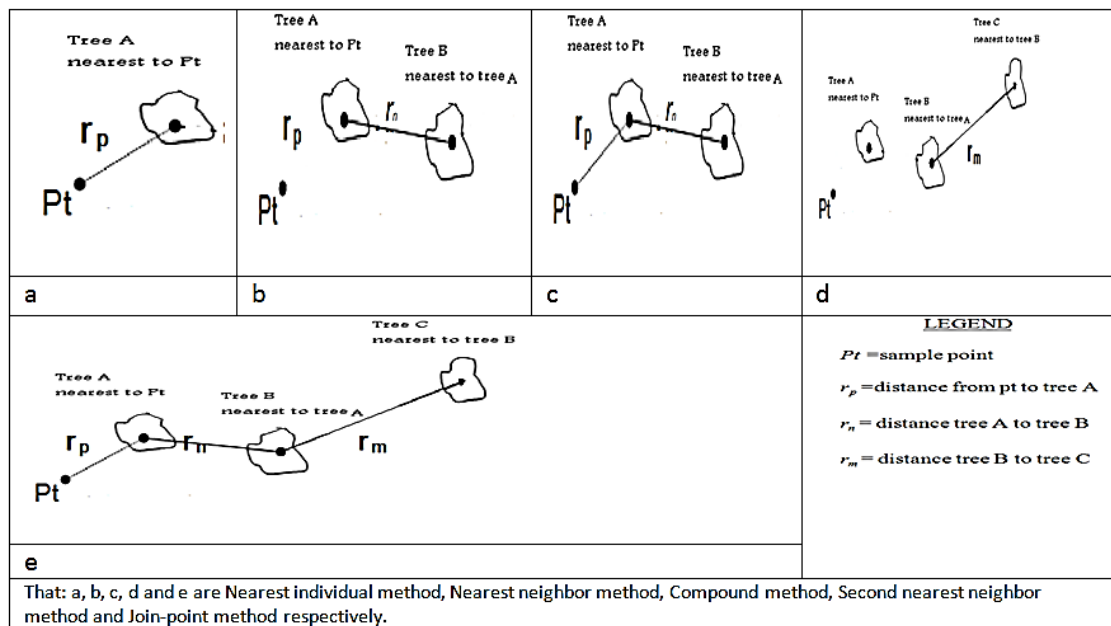
روش بررسی

در داخل جنگل مذکور، ابتدا محدوده‌ای به مساحت ۴۴ هکتار مشخص شد. در مرحله بعد از جامعه مورد نظر با استفاده از طرح آماربرداری منظم-تصادفی تعداد ۴۴ نقطه نمونه‌برداری (در اینجا ۴۴ نمونه) به ابعاد شبکه ۱۰۰ متر در ۱۰۰ متر بر روی زمین مشخص و شماره‌گذاری شد.

بعد در هر نقطه نمونه‌برداری یک قطعه نمونه دایره‌ای شکل ۱۰ آری بر روی زمین مشخص و تعداد درختان داخل آن با قطر برابر سینه بیش از پنج سانتی-متر شمارش و یادداشت شد. هم‌زمان با برداشت هر قطعه نمونه دایره‌ای، به مرکز قطعه نمونه دایره‌ای (به-عنوان نقطه نمونه‌برداری) روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین همسایه، روش ترکیبی، دومین نزدیک‌ترین همسایه و روش نمونه-برداری فاصله‌ای نقطه مشترک برداشت شد (شکل ۱). برای روش نزدیک‌ترین فرد (شکل ۳a)، اندازه‌گیری فاصله مرکز نزدیک‌ترین درخت تا نقطه نمونه‌برداری، برای روش نزدیک‌ترین همسایه (شکل ۳b)، اندازه-گیری فاصله مرکز نزدیک‌ترین درخت تا مرکز نزدیک‌ترین همسایه آن، برای روش ترکیبی (شکل ۳c)، ترکیب دو روش قبلی، برای روش دومین نزدیک‌ترین همسایه (شکل ۳d)، اندازه‌گیری فاصله

قبل. پ- فاصله نزدیکترین درخت به درخت انتخاب شده در مرحله "ب" (شکل ۳e). برای مقایسه زمان دو روش قطعه نمونه دایره‌ای شکل و نقطه مشترک، زمان آماربرداری تمام ۴۴ نمونه هر دو روش اندازه‌گیری و یادداشت شد.

نزدیکترین همسایه به مرکز نزدیکترین درخت به آن انجام شد و برای روش نقطه مشترک (Joint-point method)، در هر نقطه نمونه‌برداری اندازه‌گیری‌های زیر انجام شد (Haidari, 2008): الف- فاصله نقطه نمونه‌برداری تا نزدیکترین درخت به آن. ب- فاصله نزدیکترین درخت به درخت انتخاب شده در مرحله



شکل ۱- روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای این بررسی

Figure 1. Distance sampling methods of this study

بررسی (جدول ۱)، تراکم درختان برای ۴۴ نمونه محاسبه شد.

ب- محاسبه الگوی پراکنش درختان

برای کمی‌کردن پراکنش جمعیت‌های طبیعی، شاخص‌های متعددی در دسترس است که در اینجا چون قطعات نمونه‌ای دایره‌ای شکل به‌عنوان شاهد (مقدار واقعی) در نظر گرفته شده است، بنابراین برای تعیین الگوی پراکنش درختان منطقه مورد نظر از نسبت واریانس به میانگین ($S^2/\bar{x}$) استفاده شد. اگر این نسبت برابر یک باشد آرایش مکانی تصادفی و اگر بیشتر از یک باشد معرف آرایش کپه‌ای و اگر کمتر از

بعد از جمع‌آوری داده‌ها، تمام اطلاعات جمع‌آوری شده در فرم‌های آماربرداری با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS، Excel و Ecological Methodology (Krebs, 2001)، محاسبات زیر انجام شد:

الف- محاسبه تعداد در هکتار

ابتدا برای قطعات نمونه دایره‌ای شکل، میانگین و واریانس تعداد درختان در واحد سطح و تعداد در هکتار محاسبه و ابر نقاط تعداد در واحد سطح قطعات نمونه دایره‌ای رسم شد. در مرحله بعد با استفاده از برآوردکننده‌های روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای این

یک باشد معرف آرایش یکنواخت است (Moghadam, 2001). علل اینکه روش قطعه نمونه دایره‌ای شکل به‌عنوان مبنا در نظر گرفته شده است، اول اینکه روش دایره‌ای یکی از روش‌های معمول در جنگل‌های زاگرس است و دوم اینکه تمام درختان تعداد ۴۴ نمونه برداشت شده با روش‌های مختلف فاصله‌ای مانند روش نقطه مشترک در داخل قطعات دایره‌ای قرار گرفتند.

جدول ۱- برآوردکننده‌های روش‌های مختلف نمونه‌برداری فاصله‌ای با رابطه روش دایره‌ای

Table 1. Estimatores of different distance sampling methods and circle plot

منبع Reference	پیشنهاددهنده (گان) Suggested by	برآوردکننده Estimatores	روش نمونه‌برداری Sampling methods
Haidari (2008) and Basiri <i>et al.</i> , 2018	Byth and Riply (1980)	$N_{11}=n/[\pi \Sigma r_{pi}^2]$	نزدیک‌ترین فرد Nearest individual
Haidari (2008) and Basiri <i>et al.</i> , 2018	Cottam <i>et al.</i> , (1953)	$N_{12}=1/[4*(r_{pi}/n)^2]$	
Haidari (2008) and Basiri <i>et al.</i> , 2018	Morisita (1957)	$N_{13}=(n-1)/[\pi \Sigma r_{pi}^2]$	
Haidari (2008)	Byth and Riply (1980)	$N_{21}=n/[\pi \Sigma r_{ni}^2]$	نزدیک‌ترین همسایه Nearest neighbor
Engeman <i>et al.</i> , 1994	Cottam and Curtis (1954)	$N_{22}=1/[4*(r_{ni}/n)^2]$	
Engeman <i>et al.</i> , 1994	Cottam and Curtis (1954)	$N_{23}=1/[2.778*(r_{ni}/n)^2]$	
Haidari (2008)	Cottam and Curtis (1954)	$N_3=1/[2.778*(r_{mi}/n)^2]$	دومین نزدیک‌ترین همسایه Second nearest neighbor
Haidari (2008)	Diggle (1975)	$N_4=(N_{12}+ N_{12}) /2$	ترکیبی Compound
Batcheler (1975) and Basiri <i>et al.</i> , 2018	Batcheler (1975)	N_B (see reference)	نقطه مشترک Joint-point method
Engeman <i>et al.</i> , 1994 and Basiri <i>et al.</i> , 2018	Engman <i>et al.</i> , (1994)	$N_E=(N_{12}+ N_{23}+ N_3)/3$	
-	Author this article	$\hat{\lambda}_i = 2.278/(r_{pi} + r_{ni} + r_{mi})^2$ $\hat{N}_{ew} = \sum_{i=1}^n \hat{\lambda}_i / n$	
-	-	$C=N_c$	روش دایره‌ای Circle plot

That: N_i =density with different formulas ; r_{pi} , r_{ni} and r_{mi} = distance from pt to nearest individual, nearest individual to nearest neighbor and nearest neighbor to second neighbor in sampling point i respectively ; n =sample size, $\hat{\lambda}_i = \text{trees} / \text{sampling point } i$

رسم شد، یکی از نمونه‌ها که بیشترین انحراف نسبت به میانگین داده‌ها را داشت، حذف شد. بعد برای ۴۳ نمونه باقی‌مانده، ابتدا الگوی پراکنش مکانی (نسبت واریانس به میانگین) و بعد تعداد در هکتار با روش دایره‌ای و نیز با فرمول‌های روش نقطه‌مشترک و دیگر

برای بررسی تأثیر الگوی پراکنش درختان بر روی نتایج حاصل از برآورد تراکم درختان با برآوردکننده-های مختلف روش نقطه مشترک (Batcheler (1975) و Engeman و همکاران (1994) و نیز فرمول جدید)، بعد از اینکه ابر نقاط برای ۴۴ نمونه در روش دایره‌ای

الگوی پراکنش کپه‌ای هستند؛ زیرا مقدار نسبت واریانس به میانگین برای ۴۴ نمونه دایره‌ای شکل برابر ۲/۵۱ به دست آمد. برای تعداد قطعات نمونه دایره‌ای ۴ تا ۴۴ نمونه نیز الگوی پراکنش درختان با توجه به نسبت واریانس به میانگین محاسبه شد.

پ- تعداد در هکتار

تعداد در هکتار برآورد شده با روش دایره‌ای و فرمول‌های مختلف روش فاصله‌ای نقطه مشترک در حالت‌های مختلف الگوی پراکنش درختان (با نسبت واریانس به میانگین برابر صفر برای الگوی منظم، برابر ۱/۱۵ برای الگوی تصادفی و برابر ۲/۵۱ برای حالت کپه‌ای) در شکل ۲ آمده است.

مقادیر به دست آمده از فرمول‌های مختلف روش فاصله‌ای نقطه مشترک برای حالت‌های گوناگون الگوی پراکنش درختان (از نسبت واریانس به میانگین صفر تا ۲/۵۱ شکل ۴)، با استفاده از آزمون تی جفتی با مقادیر به دست آمده از روش دایره‌ای (مقدار واقعی) مقایسه شدند (جدول ۲).

ت- مقادیر به دست آمده از فرمول‌های مختلف روش فاصله‌ای نقطه مشترک با توجه به معیار صحت $(A = \pm 100[(Estimated - True)/True])$ با مقادیر روش دایره‌ای (از نسبت واریانس به میانگین صفر تا ۲/۵۱)، مقایسه شدند (شکل ۳).

ث- برای اطمینان بیشتر نتایج برآوردکننده جدید با تعدادی از برآوردکننده‌های روش‌های فاصله‌ای در حالت‌های مختلف الگوی پراکنش درختان مقایسه شد (شکل ۴).

روش‌های نمونه برداری فاصله‌ای محاسبه شد. این کار از الگوی پراکنش کپه‌ای (که برای ۴۴ نمونه نسبت واریانس به میانگین برابر ۲/۵۱ بود) به تصادفی (که برای ۳۱ نمونه نسبت واریانس به میانگین برابر ۱/۱۵) و بعد به حالت منظم (که برای ۴ نمونه نسبت واریانس به میانگین برابر صفر شد) ادامه یافت؛ یعنی به طور خلاصه مراحل "الف" و "ب" محاسبات به- ترتیب برای ۴۴ نمونه، ۴۳ نمونه، ۴۲ نمونه و در نهایت برای ۴ قطعه نمونه که نسبت واریانس به میانگین داده‌ها برابر صفر (الگوی پراکنش منظم) شد ادامه یافت.

در پایان تراکم محاسبه شده با فرمول‌های مختلف روش نقطه مشترک با تراکم به دست آمده از روش دایره‌ای ۱۰ آری به عنوان مبنا (مقدار واقعی) با توجه به آزمون تی جفتی و معیار صحت $(A = \pm 100[(Estimated - True)/True])$ (Southwood and Henderson, 2000) مقایسه شدند.

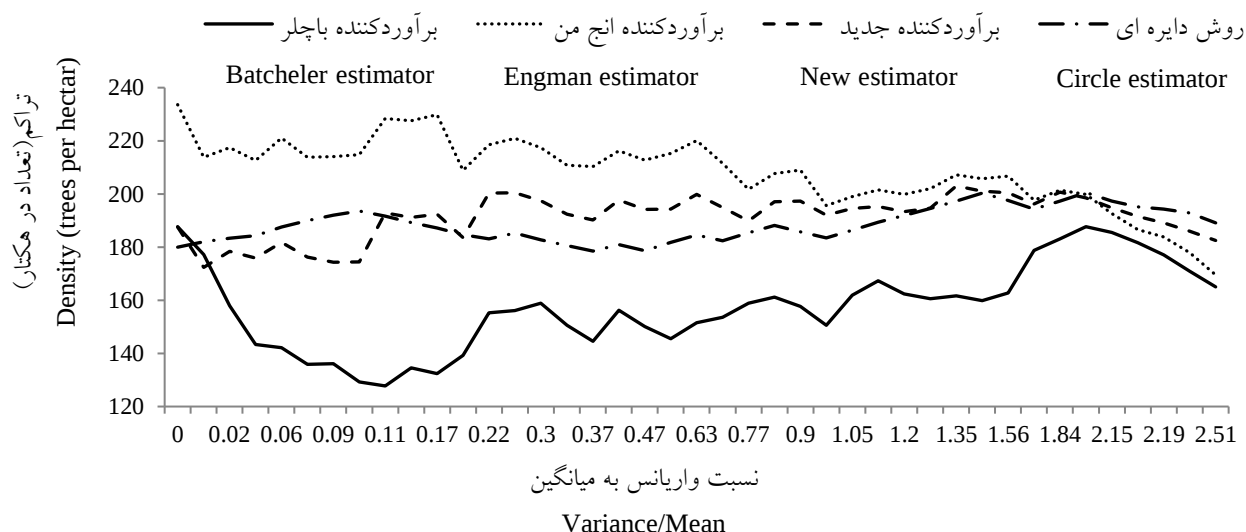
نتایج

الف- آمار توصیفی داده‌های جمع‌آوری شده به روش دایره‌ای

در روش دایره‌ای برای ۴۴ قطعه نمونه میانگین و واریانس در قطعه نمونه به ترتیب ۱۸/۹۱ و ۴۷/۴۶ به- دست آمد و نسبت واریانس به میانگین ۲/۵۱ محاسبه شد.

ب- الگوی پراکنش درختان

در این پژوهش با توجه به نسبت واریانس به میانگین مشخص شد که درختان منطقه مورد بررسی دارای



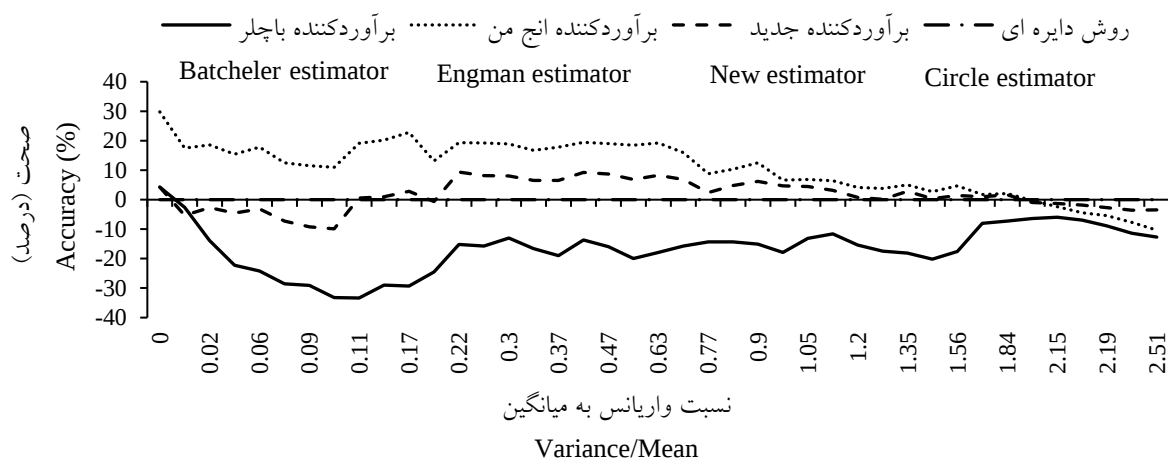
شکل ۲- مقایسه تراکم درختان با برآوردکننده‌های مختلف روش نقطه مشترک و روش دایره‌ای

Figure 2. Comparison trees density with different estimators of Joint-point method and circular plot

جدول ۲- مقایسه نتایج برآوردکننده‌های روش نقطه مشترک با روش دایره‌ای با استفاده از آزمون تی جفتی

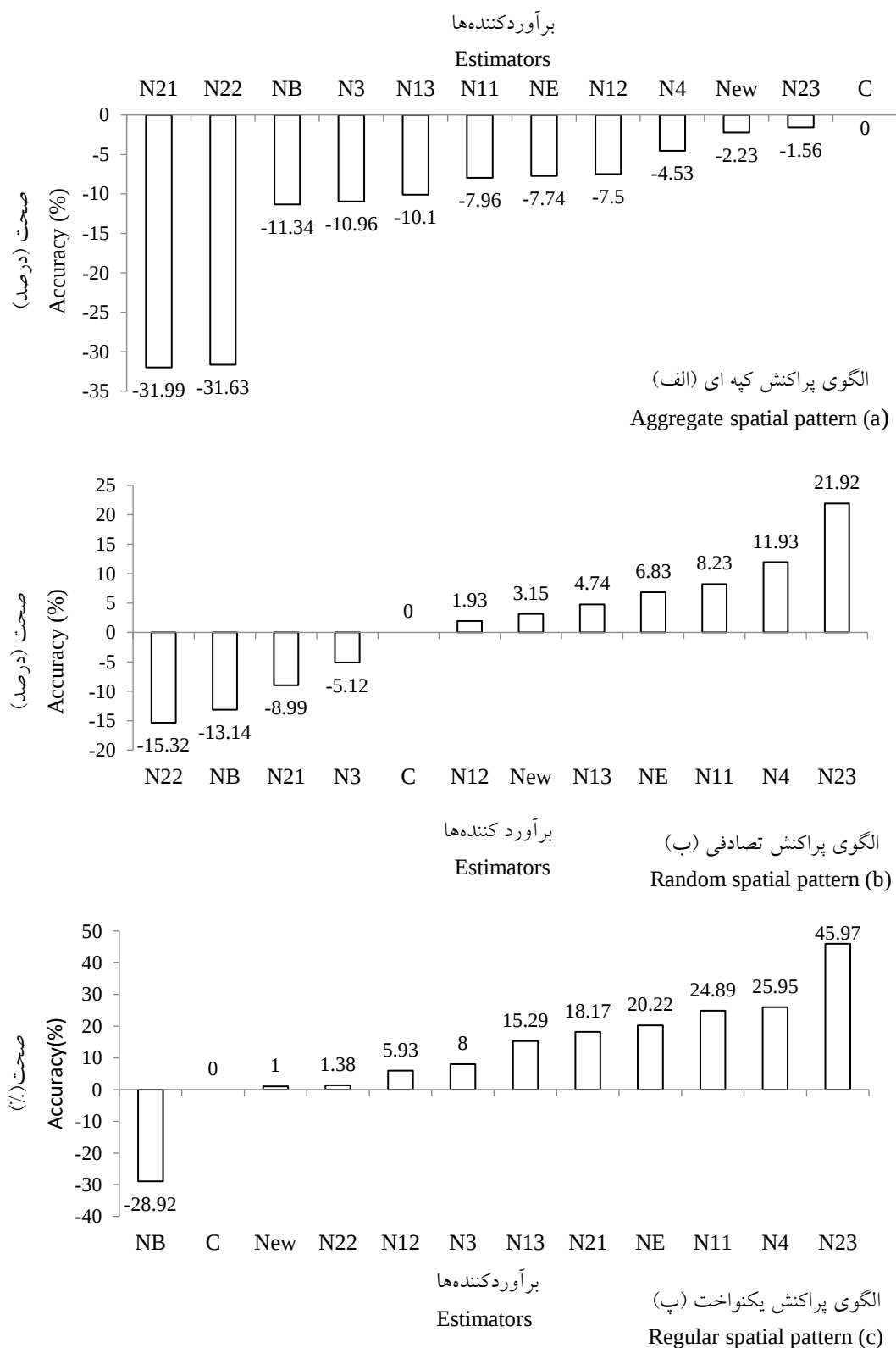
Table 2. Paired t-test results of Joint-point method Estimators with circle plot

فرمول‌ها	میانگین	انحراف معیار	مقدار تی	درجه آزادی	سطح معنی دار
Estimators	Mean	St.d	t-test	df	Sig. (2-tailed)
زوج ۱ دایره‌ای-باچلر Circle-Batcheler Paired 1	30.838	15.42	12.804	40	0.000***
زوج ۲ دایره‌ای-انج من Circle-Engman Paired 2	-19.768	17.162	-7.376	40	0.000***
زوج ۳ دایره‌ای-جدید Circle-New Paired 3	-2.822	9.419	-1.918	40	0.062 ^{ns}



شکل ۳- مقایسه صحت برآوردکننده‌های مختلف تراکم درختان روش نقطه مشترک با روش دایره‌ای

Figure 3. Comparison accuracy of Joint-point method trees density estimators with circular plot



شکل ۴- مقایسه برآورد تراکم درختان با برآوردکننده‌های مختلف در حالت‌های مختلف الگوی پراکنش درختان (کپه‌ای (الف)، یکنواخت (ب) و تصادفی (پ))

Figure 4. Comparison trees density with different estimators in different spatial patterns (Aggregate (A), Random (B) and regular (C))

ج- زمان آماربرداری قطعه نمونه دایره‌ای شکل و روش فاصله‌ای نقطه مشترک
 (با انحراف معیار $\pm 1/0.01$) به دست آمد. مقایسه آماری در این بررسی متوسط زمان برداشت یک قطعه نمونه دایره‌ای شکل ۱۰ آری ۳۴/۵۲ دقیقه (با انحراف معیار $\pm 14/61$) و روش فاصله‌ای نقطه مشترک ۵/۶ دقیقه (با انحراف معیار $\pm 1/0.01$) به دست آمد. مقایسه آماری زمان برداشت دو روش مذکور در جدول ۳ آمده است.

جدول ۳- مقایسه زمان روش نقطه مشترک با روش دایره‌ای با آزمون تی جفتی

Table 3. Paired t-test consume time of Joint-point method with circle plot

روش‌های نمونه‌برداری	درجه آزادی	مقدار تی	سطح معنی‌دار
Sampling methods	df	t	Sig. (2-tailed)
دایره‌ای-نقطه مشترک Circle-Jointpoint	43	12.93	0.000***

بحث

Engeman و Batcheler (1975) و همکاران (1994)

برآورد اریب را نشان می‌دهند. با توجه به شکل ۲ دیده می‌شود که فرمول Batcheler (1975) مقدار تراکم درختان را نسبت به روش دایره‌ای (به عنوان مقدار واقعی) در حالت‌های مختلف الگوی پراکنش کپه‌ای، تصادفی و منظم کمتر برآورد کرده است. نتیجه حاصل از این بررسی در حالت کپه‌ای با نتیجه کار Haidari (2006) هماهنگی ندارد که علت آن شاید در شدت (مقدار) کپه‌ای بودن (نسبت واریانس به میانگین) باشد که در این بررسی مقدار آن کمتر از مقدار به دست آمده از کار Haidari (2006) است (۲/۵۱ در مقابل ۵/۰۱). فرمول Engeman و همکاران (1994) مقدار تراکم درختان را نسبت به روش دایره‌ای در حالت الگوی پراکنش کپه‌ای کمتر برآورد کرده است و در حالت تصادفی و منظم بیشتر برآورد کرده است؛ اما همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد، فرمول ارائه شده در این بررسی (فرمول جدید) مقدار تراکم درختان را در تمامی حالت‌ها (پراکنش کپه‌ای، تصادفی و منظم) با مقادیر به دست آمده از روش دایره‌ای (مقدار واقعی) هماهنگ نشان می‌دهد. نتایج آزمون‌های آماری یعنی آزمون تی-

نتایج این بررسی (قسمت‌های الف و ب) نشان می‌دهد که درختان جنگل مورد بررسی دارای الگوی پراکنش کپه‌ای است. این نتیجه با نتایج کارهای انجام شده توسط دیگر پژوهشگران که در جنگل‌های زاگرس کارهایی را انجام داده‌اند مانند Haidari (2006)، Haidari و همکاران (2007)، Safari (2010) و Askari و همکاران (2013) هم‌خوانی دارد. برآورد تعداد درختان در هکتار با فرمول‌های مختلف روش نقطه مشترک نتایج متفاوتی به دست آمده است (شکل ۲) و این به خاطر ماهیت فرمول‌های برآورد کننده تراکم (برآوردکننده‌ها) است. همان‌گونه که Askari و همکاران (2013) اشاره کرده‌اند: اریبی وابسته به طرح (شبکه آماربرداری، تعداد نقاط و غیره) یا برآوردکننده است، در این بررسی شبکه آماربرداری و تعداد نقاط برای تمامی فرمول‌ها یکسان است و فقط برآوردکننده‌ها (فرمول‌ها) متفاوت هستند. از طرف دیگر همان‌طور که Krebs (1989) اشاره کرده است تأثیر الگوی پراکنش درختان بر روی نتایج حاصل از فرمول‌های برآورد تراکم به خوبی مشهود است (شکل‌های ۲، ۳ و ۴) که در حالت‌های مختلف الگوی پراکنش رابطه‌های

جفتی (جدول ۲) و محاسبه صحت قابل قبول (شکل ۲) این موضوع را به خوبی تأیید می‌کنند. با توجه به جدول شماره ۲ دیده می‌شود که تنها فرمول جدید است که روند تغییرات الگوی پراکنش تأثیر زیادی روی برآورد تراکم آن ندارد و از سوی دیگر بر اساس دیدگاه Southwood and Henderson (2000) هرگاه صحت یک رابطه در محدوده $\pm 10\%$ درصد باشد، می‌توان در کارهای پژوهشی از آن استفاده کرد (Southwood and Henderson, 2000) و نیز با توجه به شکل ۳ که دامنه برآورد تراکم درختان با فرمول جدید در مقایسه با روش دایره‌ای ۱۰ آری را از ۹/۸۹- تا ۹/۳۷+ نشان می‌دهند، می‌توان گفت که این فرمول از نظر معیار صحت نیز نتیجه قابل قبولی را ارائه داده است.

برای اطمینان بیشتر نتایج برآوردکننده جدید با تعدادی از برآوردکننده‌های روش‌های فاصله‌ای مقایسه شد که نتایج آن در شکل ۴ آمده است. همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد تمامی برآوردکننده‌ها در حالت الگوی پراکنش کپه‌ای تراکم درختان را کمتر از مقدار واقعی نشان دادند (۴ الف) و در حالت یکنواخت غیر از فرمول باچلر بقیه برآوردکننده‌ها تراکم درختان را بیشتر از مقدار واقعی نشان دادند (۴ ب)، اما در حالت تصادفی تعدادی کمتر و تعدادی بیشتر برآورد کردند که شدت آن‌ها (دامنه مقادیر) نسبت به دو حالت قبل کمتر است (۴ ب). همان‌طور که شکل ۴ نشان می‌دهد برآوردکننده جدید در حالت الگوی کپه‌ای با اختلاف اندک بعد از برآوردکننده N23 (۴ الف) قرار گرفته و در حالت تصادف به‌همین صورت بعد از برآوردکننده N23 (۴ ب) قرار گرفته است و در حالت یکنواخت بهترین نتیجه را داده است. در مقایسه با برآوردکننده‌های Batcheler (1975) و Engeman و همکاران (1994) در هر سه حالت برآوردکننده جدید صحیح‌-

ترین نتیجه را داده است (شکل ۴). به‌طور خلاصه می‌توان گفت که برآوردکننده جدید در هر سه حالت از بین ۱۱ برآوردکننده در مجموع بهترین نتیجه را داده است.

با توجه به نتایج این بررسی و با توجه به ویژگی‌های جنگل‌های حفاظتی زاگرس (که از نظر توپوگرافی کوهستانی و از نظر پوشش درختی معمولاً دارای تراکم کم هستند) و نیز این مطلب که "هنگامی که روش نمونه‌برداری قطعه‌نمونه مشکل بوده و یا بسیار گران است (در اراضی کوهستانی و یا در جنگل‌های با تراکم پایین) روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای مناسب است (Sheil و همکاران (2003)، Picard و همکاران (2005) و Kiani و همکاران (2013))". از طرف دیگر بیشتر بررسی‌هایی که در این جنگل‌ها انجام شده‌اند نشان می‌دهند که درختان منطقه معمولاً دارای الگوی پراکنش کپه‌ای هستند. به‌نظر می‌رسد که روش نمونه‌برداری فاصله‌ای نقطه‌مشتک بر اساس فرمول ارائه‌شده در این بررسی می‌تواند در صورت لزوم به‌جای روش قطعه نمونه دایره‌ای ۱۰ آری در جنگل‌های زاگرس مورد استفاده قرار گیرد. چون روش نقطه‌مشتک در اجرا نسبت به روش دایره‌ای سریع‌تر (در زمان کمتری) انجام می‌شود بنابراین هزینه اجرای آن خیلی کمتر است. این روش با استفاده از این فرمول جدید، می‌تواند هزینه‌های آماربرداری را در جنگل به‌شدت کاهش دهد. فرمول جدید دارای ویژگی‌های مهم زیر است، اولاً نسبت به الگوی پراکنش درختان در مقایسه با فرمول‌های پیشین حساسیت کمتری دارد و از طرف دیگر می‌توان با این فرمول برای هر نقطه نمونه‌برداری مثل فرمول روش‌های قطعه نمونه تعداد در واحد سطح را محاسبه کرد. نتایج نشان می‌دهند که برآوردکننده جدید در مقایسه با روش قطعه نمونه دایره‌ای شکل از نظر

برآوردکننده‌های (1975) Batcheler و Engeman و همکاران (1994) بلکه نسبت به روش قطعه نمونه دایره‌ای شکل نیز مناسب‌تر است. در پایان پیشنهاد می‌شود که این فرمول در نقاط دیگر جنگل‌های زاگرس و نیز پوشش‌های گیاهی دیگر مانند جنگل‌های شمال کشور، علفزارها و بوته-زارهای کشور مورد بررسی قرار گیرد.

References

- Askari, Y., M. Zobeiri & H. Sohrabi, 2013. Comparison of five distance sampling methods for estimating quantitative characteristics of Zagros forests, *Iranian journal of forest and poplar research*, 21(2): 316-328. (In Persian)
- Basiri, R., M. Moradi, B. Kiani & M. Maasumi Babaarabi, 2018. Evaluation of distance methods for estimating population density in *Populus euphratica* Olivier natural stands (case study: Maroon riparian forests, Iran), *Journal of Forest Science*, 64(5): 230-244.
- Batcheler, C. L., 1971. Estimation of density from a sample of joint point and nearest neighbour distances, *Ecology*, 52(4): 703-709.
- Batcheler, C.L., 1975. Development of a deer census from pellet groups, *Journal of Wildlife Management*, 39: 641-652.
- Bonham, C. D., 2013. Measurements for Terrestrial Vegetation. John Wiley & Sons press, New York.
- Borges Silva, L., M. Alves, R. B. Elias & L. Silva, 2017. Comparison of T-square, point centered quarter and N-tree sampling methods in *Pittosporum undulatum* invaded woodlands, *International Journal of Forestry Research*, 2017: 2818132.
- Cottam, G. & J. T. Curtis, 1954. The use of distance measures in phytosociological sampling, *Ecology*, 37(3): 451-461.
- Engeman, R. M. & R. T. Sugihara, 1998. Optimizations of variable area transect sampling using Monte Carlo simulation, *Ecology*, 79(4): 1425-1434.
- Engeman, R. M., L. F. Pank, R. T. Sugihara & R. T. Dusenberry, 1994. A comparison of Plot-less density estimators using Monte Carlo simulation, *Ecology*, 75(6): 1769-1779.
- Haidari, R. H., 2006. Study of Different Distance Sampling Methods in the Zagross Forests Area (Kermanshah province). Ph.D. thesis. Tehran University of IRAN. Tehra, Iran. (In Persian)
- Haidari, R. H., 2008. Distance Sampling Method in Forest Inventory. Razi University Press, IRAN. 132 p. (In Persian)
- Haidari, R. H., M. Zobeiri, M. Namiranian & H. Sobhani, 2007. Application of T-square sampling method in Zagross forests (Case Study: Kerman-shah province), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 15(1): 32-42. (In Persian)
- Haxtema, Z., H. Temesgen & T. Marquardt, 2012. Evaluation of n-tree distance sampling of headwater riparian forests of western Oregon, *West Journal of Applied Forest*, 27(3): 109-117.
- Kiani, B., M. Tabari, A. Fallah, S. M. Hosseini & M. H. In Parizi, 2013. A comparison of distance sampling methods in Saxaul (*Halloxylon ammodendron* (C.A. Mey Bunge) shrub-lands, *Polish Journal of Ecology*, 61(2): 207-219
- Krebs, C. J., 2001. Programs for Ecological Methodology, 2th ed. Dept. of Zoology University of British Colombia, Vancouver, B.C. Canada V6T 1Z4 (software version 6.0).
- Krebs, C. J., 1989. Ecological Methodology. Harper Collins press, New York. 653 p.
- Moghadam, M. R., 2001. Quantative plant ecology. Tehran University press, 285p. (In Persian)
- Namiranian, M., 2010. Measurement of tree and forest biometry. Tehran University press, 620p. (In Persian)
- Picard, N., A. M. Kouyate & H. Dessard, 2005. Tree density estimations using a distance method in Mali Savanna, *Forest Science*, 51(1): 7-18.
- معیارهای آماری صحت (شکل‌های ۳، ۲ و ۴) و دقت (جدول ۲) بهترین نتایج را دارد و از طرف دیگر چون این برآوردکننده برای روش فاصله‌ای نقطه مشترک است دیده می‌شود که از نظر معیار هزینه (زمان آماربرداری) از روش قطعه نمونه دایره‌ای شکل کم هزینه‌تر است (قسمت ج و جدول ۳)؛ بنابراین، این برآوردکننده با توجه به نتایج فوق نه تنها نسبت به

- Safari, A., 2010. Evaluation of Spatial distribution pattern of *Quercus persica* and *Pistacia atlantica* Desf. in Zagros Forest) case study: Bayangan Forests, Kermanshah). M.Sc. thesis,. Faculty of Natural Resources. University of Kurdistan. Kurdistan, Iran. 83p (In Persian)
- Seraj, H., B. Kiani & M. Mirabdollahi. 2019. Investigating the accuracy and precision of sector sampling in juniper forests of Amin Abad, FiroozkoohM, *Journal of Forest Research and Development*, 5(1): 1-13
- Sheil, D., M. J. Ducey, K. Sidiyasa & I. Samsoedin, 2003. A new type of sample unit for the efficient assessment of diverse tree communities in complex forest landscapes, *Journal of Tropical Forest Science*, 15: 117-135.
- Southwood, T. R. E. & P. A. Henderson, 2000. *Ecological Methods*. Blackwell science. [http : // www . blackwell science. com/southwood](http://www.blackwell-science.com/southwood). 575 p.

Presentation a new Joint-point Sampling method estimator for tree density

R. H. Haidari*

- Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, I. R. Iran. (rhheidary@yahoo.com)

Received: 31.03.2019

Accepted: 14.09.2019

Abstract

Joint-point method is one of the distance sampling methods for forest inventory. For estimation of tree density with joint-point sampling method two estimator suggested by Batcheler and also Engeman et al. that biased in nonrandom spatial pattern. Aim of this study was presentation a new unbiased and most efficiency estimator for this method. Forty-four sample size for each of six sampling methods: Circle plot (10ar as true value), Nearest individual method, nearest neighbor method, Compound method, second nearest neighbor method and Joint-point method in forests of Sorkheh dizeh Dalahoo of Kermanshah province with systematic random design (100m*100m) carried out. After that trees density of forest stand calculated with 10 estimators of above methods and new estimator. Then calculated density with new estimator compared with Batcheler and Engeman et al. estimators and other estimators in different spatial patterns (regular, random and aggregate) by precision and accuracy criteria. The results showed that this new estimator was not only most efficient than Batcheler and Engeman et al. estimators but also was best than other estimators.

Keywords: Oak, Density, Distance sampling, Zagros.

* Corresponding author

Tel: +989122609854