



دانشگاه گنبدکاووس

نشریه "حفظ و زیست یوم گیاهان"

دوره هشتم، شماره هفدهم

<http://pec.gonbad.ac.ir>

علمی-پژوهشی

بررسی تأثیر الگوی پراکنش توده جنگلی بر نتایج برآوردهای مختلف روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد (مطالعه موردی: جنگل‌های روستای چهارزیب علیا، استان کرمانشاه)

عاطفه السادات حقانی^۱، رضا حسین حیدری^۲، سهیلا آقابیگی امین^{۳*}

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

^۲استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

^۳استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۶

چکیده

برآوردهای مختلف روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای چون بر مبنای الگوی پراکنش تصادفی درختان ارائه شده‌اند، در
حالاتی غیرتصادفی اریب می‌باشند. این پژوهش باهدف ارزیابی اثر الگوی مکانی درختان بلوط بر نتایج برآوردهای
مشخصه‌های کمی سه توده مختلف بهوسیله برآوردهای نزدیک‌ترین فرد در جنگل‌های چهارزیب علیا شهرستان
اسلام‌آباد غرب استان کرمانشاه انجام شد. برای این منظور، سه توده در منطقه انتخاب و در داخل هر توده یک قطعه نیم
هکتاری مشخص گردید. بعد از آماربرداری صدرصد توده‌ها، با توجه به طرح کاملاً تصادفی تعداد ۳۰ نمونه به روش فاصله-
ای نزدیک‌ترین فرد در هر توده برداشت گردید. در مرحله بعد، الگوی پراکنش مکانی، تراکم، درصد تاج پوشش و ارتفاع
درختان با روش نمونه‌برداری نزدیک‌ترین فرد محاسبه گردید. نتایج نشان داد که از سه توده موردبررسی دو توده دارای
الگوی تصادفی و یک توده دارای الگوی کپه‌ای بودند. در حالت الگوی تصادفی از بین پنج برآوردهای روش مذکور با توجه
به معیار صحت قابل قبول (دامنه ± 10 درصد)، رابطه ارائه شده توسط بایت و ریپلی و در الگوی کپه‌ای رابطه ارائه شده

*نویسنده مسئول: saghabeigi@yahoo.com

توسط باچر و بل مناسب‌ترین برآوردها برای برآورد تراکم درختان بودند و برای برآورد درصد تاج پوشش درختان در حالت الگوی تصادفی روابط ارائه شده توسط بایت و بیپلی، کوتام و همکاران و موریسیتا مناسب بودند ولی هیچ‌کدام از آن‌ها برای برآورد درصد تاج پوشش درختان در حالت الگوی کپهای مناسب نبودند. برای برآورد ارتفاع درختان، چون ارتفاع مستقل از برآوردها محاسبه شد، دیده شد که برآورده ارتفاع درختان با این روش نمونه‌برداری در هر دو حالت الگوهای تصادفی و کپهای، نتایج مناسبی داشتند. درنهایت می‌توان نتیجه گرفت که الگوی پراکنش درختان بر روی برآورده کننده‌های روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد مؤثر بودند.

واژه‌های کلیدی: الگوی مکانی، تاج پوشش، تراکم، جنگل‌های زاگرس، روش نزدیک‌ترین فرد

مقدمه

الگوی مکانی گیاهان یکی از جنبه‌های مهم اکولوژیکی گیاهی و اقدامات و ضروریات اندازه‌گیری پوشش گیاهی در هر منطقه می‌باشد (صفری و همکاران، ۱۳۸۹). در هر اجتماع بوم‌شناختی الگوی مکانی افراد به صورت تصادفی^۲ یا غیر تصادفی است. الگوی غیر تصادفی خود به دو شکل یکنواخت^۳ و کپهای^۴ می‌باشد (Krebs, 1999; Ghalandarayeshi et al., 2017). در تعیین الگوی مکانی مانند سایر مشخصه‌های کمی جنگل از دو روش کلی آماربرداری صدرصد و نمونه‌برداری استفاده می‌شود. آماربرداری صدرصد نیازمند عملیات میدانی زیادی است (صفری و همکاران، ۱۳۸۹). در مقابل آماربرداری صدرصد، روش‌های دیگر با در نظر گرفتن حداقل عملیات میدانی طراحی شدند. این روش‌ها شامل روش نمونه‌برداری تصادفی ساده، منظم تصادفی، نواری، طبقه‌بندی، خوش‌های، قطعات نمونه با مساحت متغیر و غیره می‌باشد (صفری و همکاران، ۱۳۸۹). در اغلب موارد، جمع‌آوری اطلاعات بر اساس نمونه‌برداری انجام می‌شود که این اندازه‌گیری یا در قالب قطعات نمونه و یا به صورت روش‌های فاصله‌ای انجام می‌گیرد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۶). از بین روش‌های آماربرداری، روش‌های فاصله‌ای به منظور برآورد سریع ویژگی‌های زیست‌سنگی درختان در مناطق کم تراکم کاربرد بیشتری دارد و به دلیل نداشتن خطای قرار گرفتن درختان در مرز قطعه‌نمونه، ممکن است صحت برآوردها را افزایش دهد (زارع و همکاران، ۱۳۹۴). یکی از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای، روش نزدیک‌ترین فرد است که نخستین بار توسط کوتام و همکاران (Cottam et al., 1953) ارائه شد. از عوامل تأثیرگذار بر صحت برآوردها در روش‌های فاصله‌ای، الگوی پراکنش مکانی افراد است

²Random

³Regular

⁴Aggregated or Clustered

که می‌توان برای جنگل‌های مختلف و نیز گونه‌های مختلف جنگل انتظار نتایج متفاوتی از نظر اریبی داشت (عسکری و همکاران، ۱۳۹۲).

صفری و همکاران (۱۳۸۹) از روش نزدیک‌ترین فرد برای بررسی الگوی پراکنش مکانی گونه بنه در جنگل‌های زاگرس استفاده کردند که نتایج بیانگر الگوی مکانی کپه‌ای بود. حیدری و همکاران (۱۳۸۹) صحت روش نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد در جنگل‌های بلوط غرب را بررسی کردند و نتایج آن‌ها نشان داد که برای برآورده تعداد در هکتار درختان با توجه به معیار صحت قابل قبول (دامنه درصد)، رابطه ارائه شده توسط موریسیتا (۱۹۵۳) و باچلر و بل (Batcheler and Bell, 1970) از بین روابط مورد بررسی مناسب‌تر بودند. با توجه به نتایج پژوهش عسکری و همکاران برای برآورده تعداد در هکتار، رابطه ارائه شده توسط کوتام و همکاران (Cottam et al., 1953) مناسب بود. عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۳) برای بررسی تأثیر الگوی پراکنش از روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد استفاده کردند و نتایج آن‌ها نشان داد اندازه‌گیری تراکم با برآورده کننده باچلر با مدنظر قرار دادن آرایش مکانی درختان نتایج قابل قبولی را نشان می‌دهد. زارع و همکاران (۱۳۹۴) دریافتند که دو روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد و نزدیک‌ترین همسایه برای برآورده صحیح و دقیق مشخصه‌های کمی توده (تعداد در هکتار و درصد تاج‌پوشش) درختان بنه در توده تنک رویشگاه تحقیقاتی استان فارس از کارایی لازم برخوردار بودند. شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهش خود به تأثیر معنی‌دار پراکنش مکانی درختان بر صحت و دقیقت روش‌های فاصله‌ای پی بردن. لای‌کوک و باچل (Laycock and Batcheler, 1975) روش نزدیک‌ترین فرد را با آماربرداری صدرصد در علفزارهای نیوزلند مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که روش نزدیک‌ترین فرد، تراکم درختان را در جوامعی با الگوی پراکنش یکنواخت بیشتر از مقدار واقعی برآورده می‌کند و در جوامعی با الگوی پراکنش کپه‌ای کمتر از مقدار واقعی برآورده می‌کند. انجمن و همکاران (Engerman et al., 1994) در تحقیقی با عنوان "مقایسه روش‌های فاصله‌ای برآورده تراکم با استفاده از شبیه‌سازی کامپیوتری (مونت کارلو)" تعدادی از روابط فاصله‌ای را با دیگر روابط در روش‌های مختلف نمونه‌برداری فاصله‌ای، بررسی کردند. تعدادی از روابط ارائه شده برای روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای نتایج ضعیف‌تری را در برآورده تراکم درختان نشان دادند. کیسا و شیل (۲۰۱۲) به مقایسه سه روش فاصله‌ای، ترانسکت و ترانسکت با عرض ثابت برای تعیین تراکم درختی در جنگل‌های تروپیکال، در پارک Bwindi اوگاندا پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که روش‌های

فاصله‌ای حتی در شرایط سخت توپوگرافی، عوارض زمین و پوشش گیاهی انبوه و متراکم بهترین نتایج را ارائه می‌دهند.

هدف این تحقیق، بررسی تأثیر الگوی پراکنش درختان بر رابطه‌های ارائه شده برای روش نزدیک‌ترین فرد با توجه به شرایط جنگل‌های حفاظتی زاگرس و برآورد مشخصه‌های کمی این جنگل‌ها بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از جنگل‌های چهارزیبر علیا است که در ۱۳ کیلومتری شرق شهرستان اسلام‌آباد غرب در استان کرمانشاه قرار دارد. منطقه موردنظر در ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است. بر اساس بررسی‌های انجام شده و آمار بلندمدت ایستگاه کلیماتوژی منطقه، میانگین بارندگی سالیانه منطقه معادل $458/59$ میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه $13/89$ درجه سانتی‌گراد است (سایت اداره هواشناسی استان کرمانشاه).

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری ویژگی‌های کمی توده: برای اجرای این پژوهش ابتدا در منطقه مورد مطالعه سه توده انتخاب و در هر توده یک قطعه‌نمونه مستطیل شکل به مساحت $0.05 \times 62/5$ هکتار (ابعاد ۸۰ متر) انتخاب و مرز آن‌ها مشخص شد. در داخل این قطعات با استفاده از روش آماربرداری صدرصد، مشخصه‌های مختلف ساختاری توده شامل گونه، مبدأ درختان (دانه‌زاد یا شاخه‌زاد)، تعداد جست در هر جست‌گروه، دو قطر بزرگ و کوچک تاج درختان و ارتفاع کامل درختان اندازه‌گیری شد. برای محاسبه تعداد در هکتار واقعی، تعداد کل درختان هر قطعه‌نمونه به مساحت قطعه‌نمونه بر حسب هکتار تقسیم شد. برای اندازه‌گیری درصد تاج‌پوشش واقعی، ابتدا مساحت تاج هر درخت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شده و با توجه به مجموع مساحت تاج (رابطه ۲) و مساحت قطعه‌نمونه، درصد تاج‌پوشش (رابطه ۳)، محاسبه شد.

$$cc_l = \frac{\pi}{4} (CD_1 \times CD_2) \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\bar{cc} = \frac{\sum_{l=1}^n cc_l}{n} \quad \text{رابطه ۲}$$

$$cc\% = \frac{\bar{cc} \times N_{ha}}{100} \quad \text{رابطه ۳}$$

(Crown Diameter) به ترتیب قطر بزرگ و قطر عمود بر آن درخت i به متر می‌باشند، \bar{CD}_1 = میانگین سطح تاج درختان به مترمربع، \bar{CD}_2 = سطح تاج درخت i به مترمربع، n = تعداد کل درختان اندازه‌گیری شده، \bar{CC} = سطح تاج پوشش درختان در هکتار به مترمربع، N_{ha} = تعداد تاج پوشش درختان، \bar{N}_{ha} = میانگین سطح تاج درختان به مترمربع، N_{ha} = تعداد در هکتار (تراکم) در مرحله بعد در روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد ابتدا تعداد ۳۰ نقطه نمونه‌برداری به طور تصادفی در داخل هر قطعه نیم هکتاری مشخص گردید با توجه به اینکه در طرح‌های آماری پایه (کاملاً تصادفی، بلوک‌های کاملاً تصادفی و مربع لاتین) به طور معمول ۴ تا ۸ تکرار را برای هر تیمار جهت تجزیه واریانس (مقایسه میانگین تیمارها) مناسب می‌دانند. در اینجا نیز چون هدف مقایسه میانگین مشخصه‌های کمی توده بود بنابراین، این تعداد نمونه کفايت می‌کند. بعد از مشخص شدن نقطه نمونه‌برداری به صورت تصادفی بر روی زمین و با یافتن نزدیک‌ترین درخت به آن، فاصله افقی بین مرکز آن درخت (نزدیک‌ترین درخت) تا نقطه نمونه‌برداری اندازه‌گیری گردید (حیدری و همکاران، ۱۳۸۹). سپس با استفاده از پنج برآورد کننده متفاوت روش نمونه‌برداری نزدیک‌ترین فرد، مشخصه‌های کمی توده (تعداد در هکتار و سطح تاج) مورد بررسی قرار گرفت.

$$\hat{N}_c = \frac{n}{\pi \sum (r_{pi}^2)}$$

رابطه ۴، بایت و ریپلی (۱۹۸۰)

$$\hat{N}_M = \frac{1}{\left(4 \left[\sum_{i=1}^n r_{pi}^2 / n \right]^2 \right)}$$

رابطه ۵، کوتام و همکاران (۱۹۵۳)

$$\hat{N}_M = \frac{n-1}{\pi \sum (r_{pi}^2)}$$

رابطه ۶، موریسیتا (۱۹۵۷)

$$\hat{N}_{BB} = \frac{m}{\left(\pi \left[\sum_{i=1}^m r_{pi}^2 + (n-m)R^2 \right] \right)}$$

رابطه ۷، باچلر و بل (۱۹۷۱)

$$\hat{N}_{MM} = -\log_e \left[(n-m)/n \right] / \pi R^2$$

رابطه ۸، موریسیتا (۱۹۵۳)

در روابط فوق:

$N =$ برآورد تراکم جمعیت (در مترمربع)، $n =$ تعداد نقاط تصادفی، $r_{pi} =$ فاصله نزدیکترین فرد تا نقطه نمونهبرداری، $N_{BR} =$ برآورد تراکم جمعیت روش فاصله‌ای نزدیکترین فرد در واحد سطح با رابطه بایت و رایپلی، $N_c =$ برآورد تراکم جمعیت روش فاصله‌ای نزدیکترین فرد در واحد سطح با رابطه کوتام و همکاران، $N_M =$ برآورد تراکم جمعیت روش فاصله‌ای نزدیکترین فرد در واحد سطح با رابطه موریسیتا ۱۹۵۷، $N_{BB} =$ برآورد تراکم جمعیت روش فاصله‌ای نزدیکترین فرد در واحد سطح با رابطه باچلر و بل، $N_{MM} =$ برآورد تراکم جمعیت روش فاصله‌ای نزدیکترین فرد در واحد سطح با رابطه موریسیتا ۱۹۵۳، $r_{pi} =$ فاصله بین فرد اول (نزدیکترین درخت) به نقطه نمونهبرداری، $n =$ تعداد نمونه (تعداد نقطه نمونهبرداری)، $R =$ تعداد فاصله‌های اندازه‌گیری شده بین نقاط نمونهبرداری و نزدیکترین فرد به آنها با توجه به مقدار R ، $R =$ میانه مقادیر فاصله‌های بین نقاط نمونهبرداری و نزدیکترین فرد به آنها. برای محاسبه تعداد در هکتار (N_{ha}) اعداد به دست آمده از رابطه‌های فوق در ۱۰۰۰ ضرب گردید، برای محاسبه درصد تاجپوشش با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری شده، همانند روش آماربرداری صدرصد، از رابطه ۱ تا ۳ استفاده شد.

با توجه به اینکه برآورد تراکم با روش‌های فاصله‌ای به شدت تحت تأثیر الگوی پراکنش مکانی است، بنابراین اگر گیاهان و حیوانات الگوی پراکنش تصادفی داشته باشند برآورد تراکم یک حالت نااریب خواهد داشت و اگر الگوی پراکنش کپهای باشد، برآورد تراکم حالت اریبی خواهد داشت (حیدری و همکاران، ۱۳۸۹؛ عسکری و همکاران، ۱۳۹۲). برای کمی کردن پراکنش جمعیت‌های طبیعی، شاخص‌های متعددی برای استفاده در اندازه‌گیری‌های فاصله‌ای وجود دارد؛ که در این مطالعه برای بررسی الگوی مکانی با استفاده از فواصل اندازه‌گیری شده از روش نزدیکترین فرد از شاخص جانسون و زایمر (رابطه ۹) استفاده شد:

$$I = \left[(n + 1) \left(\sum_{i=1}^n (r_{pi})^2 \right) \right] / \left[\sum_{i=1}^n (r_{pi})^2 \right]^2$$

رابطه ۹

$I =$ شاخص جانسون و زایمر^۵، $n =$ تعداد نقطه نمونهبرداری، $r_{pi} =$ فاصله بین فرد اول (نزدیکترین فرد) به نقطه نمونهبرداری i

Johnson & Zimmer

اگر مقدار شاخص (I) برابر ۲ باشد، پراکنش مکانی درختان تصادفی، اگر کمتر از ۲ باشد، آرایش یکنواخت و اگر بیشتر از ۲ باشد حالت کپهای می‌باشد (Roger B et al., 1985). برای معنی‌دار بودن اختلاف آن از حالت تصادفی از رابطه (۱۰) استفاده گردید.

$$Z = I - 2/\sqrt{4(n-1)/(n+2)(n+3)} \quad \text{رابطه ۱۰}$$

چنانچه مقدار Z بین اعداد $-1/96$ و $+1/96$ قرار بگیرد الگوی پراکنش درختان به صورت تصادفی و در غیر این صورت الگوی پراکنش به صورت غیر تصادفی خواهد بود بنابراین اگر مقدار آماره محاسباتی کمتر از $-1/96$ باشد، توزیع یکنواخت و اگر بزرگ‌تر از $+1/96$ باشد، توزیع کپهای خواهد بود (Ludwig and Reynolds, 1988).

- ارزیابی کارایی برآورد کننده‌های روش نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد: به منظور ارزیابی کارایی برآورد کننده‌های روش نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد در برآورد مشخصه‌های کمی توده‌های موردنرسی، از معیار صحت استفاده گردید (رابطه ۱۱). درصورتی که مقدار صحت محاسبه شده در دامنه $\pm 10\%$ قرار می‌گرفت، آن نتیجه به عنوان برآورد قابل قبول پذیرفته می‌شد.

$$A = \pm 100((\text{Estimated} - \text{True}) / \text{True}) \quad \text{رابطه ۱۱}$$

A: صحت، Estimated: مقدار برآورده، True: مقدار واقعی

تجزیه و تحلیل آماری

بعد از بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگرف اسمیرنوف و همگن بودن داده‌ها با مقادیر واریانس داده‌ها با آزمون همگنی واریانس لیون، ازانجاکه داده‌ها از توزیع نرمال تعییت می‌کردند آمار پارامتریک برای آنالیز آماری استفاده شد، سپس از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه برای مقایسه عوامل اندازه‌گیری شده و برای مقایسه میانگین‌ها و طبقه‌بندی هر عامل از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 25 صورت گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از کاربرد شاخص جانسون و زایمر در سه قطعه‌نمونه موردنرسی نشان داد که قطعه نمونه یک و دو دارای الگوی مکانی تصادفی و قطعه‌نمونه سه دارای الگوی مکانی کپهای بودند (جدول ۱).

جدول ۱ - مقادیر شاخص جانسون و زایمر برای سه قطعه‌نمونه جنگلی

الگوی پراکنش	مقدار شاخص جانسون (Z)	مقدار (Z)	قطعه‌نمونه و زایمر
تصادفی	-۰/۶۵	۱/۷۸	۱
تصادفی	-۰/۹۲	۱/۶۹	۲
کپهای	۷/۸۲	۴/۵۹	۳

تعداد در هکتار درختان توده‌های موربدبررسی و درصد تاج‌پوشش درختان در آماربرداری صدرصد بر اساس روابط ۱، ۲ و ۳ محاسبه و در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲ - تعداد در هکتار درختان و درصد تاج‌پوشش محاسبه شده و ارتفاع درختان قطعات نمونه موربدبررسی در آماربرداری صدرصد

قطعه‌نمونه (توده)	تراکم میانگین سطح تاج	درصد تاج-	ارتفاع کل	قطعه‌نمونه
(توده)	تعداد در سطح تاج درختان	پوشش	درختان	تراکم
۱	۲/۷۲	۲۹/۷۲	۲۹۷۱/۹۵	۷/۵۴
۲	۲/۵۷	۳۵/۳۶	۳۵۳۶/۲۰	۸/۲۲
۳	۲/۷۰	۴۱/۴۶	۴۱۴۶/۶۳	۸/۳۶

با توجه به جدول فوق نتایج آماربرداری صدرصد در قطعات نمونه موربدبررسی نشان می‌دهد که تعداد در هکتار واقعی قطعه‌نمونه شماره یک ۳۹۴ اصله، قطعه‌نمونه شماره دو ۴۳۰ اصله و قطعه‌نمونه شماره سه ۴۹۶ اصله و درصد تاج‌پوشش واقعی درختان در قطعه‌نمونه شماره یک ۲۹/۷۲ درصد، قطعه‌نمونه شماره دو ۳۵/۳۶ درصد و قطعه‌نمونه شماره سه ۴۱/۴۶ درصد است، همچنین متوسط ارتفاع درختان در قطعه‌نمونه شماره یک ۲/۷۲ متر، قطعه‌نمونه شماره دو ۲/۵۷ متر و قطعه‌نمونه شماره سه ۲/۷۰ متر است.

نتایج برآورده تعداد در هکتار درختان سه توده موربدبررسی با استفاده از برآورد کنندگان مختلف روش فاصله‌ای نزدیکترین فرد مقایسه آن‌ها با آماربرداری صدرصد در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳ - مقایسه برآورد تعداد در هکتار درختان با روابط مختلف روش نمونهبرداری نزدیکترین فرد با مقدار واقعی

صحت (%)						تعداد در هکتار	رابطه					
۳	توده ۵	۲	توده ۵	۱	توده ۵	۳	توده ۵	۲	توده ۵	۱	تعداد در هکتار	رابطه
-۵۷/۷۴	-۴۳/۳۷			-۷/۰۴		۲۰۹/۵۹	۲۴۳/۵۱	۳۶۶/۲۷				\hat{N}_{BR}
-۵۱/۵۱	-۴۹/۲۱		-۱۵/۲۴		۲۴۰/۵۲	۲۱۸/۳۹	۳۳۲/۹۷					\hat{N}_C
-۵۹/۱۵	-۴۵/۲۶			-۱۰/۱۴	۲۰۲/۶۰	۲۲۵/۳۹	۳۵۴/۰۶					\hat{N}_M
-۶/۷۷		-۵۶/۱۶		-۲۷/۳۱	۴۶۲/۴۲	۱۸۸/۵۰	۲۸۶/۳۹					\hat{N}_{BB}
-۲۹/۶۴	-۵۳/۱۴		-۲۲/۴۳		۳۴۹/۰۰	۲۰۱/۴۸	۳۰۱/۶۹					\hat{N}_{MM}
-	-	-	-		۴۹۶	۴۳۰	۳۹۴				واقعی	

نتایج برآورد درصد تاج پوشش درختان سه توده موردنظری با استفاده از برآورد کنندگان مختلف روش فاصله‌ای نزدیکترین فرد مقایسه آنها با آماربرداری صدرصد در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴ - مقایسه برآورد درصد تاج پوشش درختان با روابط مختلف روش نمونهبرداری نزدیکترین فرد با مقدار واقعی

صحت (%)						درصد تاج پوشش	رابطه					
۳	توده ۵	۲	توده ۵	۱	توده ۵	۳	توده ۵	۲	توده ۵	۱	درصد تاج پوشش	رابطه
-۴۵/۶۱	-۱۰/۳۸		۱/۳۸		۲۲/۵۶	۳۱/۶۹	۳۰/۱۳					\hat{N}_{BR}
-۳۷/۵۸	-۱۹/۶۲			-۷/۵۴	۲۵/۸۸	۲۸/۴۲	۲۷/۴۸					\hat{N}_C
-۴۷/۴۲	-۱۳/۳۵			-۱/۹۹	۲۱/۸۰	۶۴/۳۰	۲۹/۱۳					\hat{N}_M
۲۰/۰۳	-۳۰/۶۲		-۲۰/۷۲		۴۹/۷۷	۲۴/۵۳	۲۳/۵۶					\hat{N}_{BB}
-۹/۴۱	-۲۵/۸۴		-۱۶/۴۹		۳۷/۵۶	۲۶/۲۲	۲۴/۸۲					\hat{N}_{MM}
-	-	-	-		۴۱/۴۶	۳۵/۳۶	۲۹/۷۲				واقعی	

نتایج برآورد ارتفاع درختان سه توده موردنظری با استفاده از روش فاصله‌ای نزدیکترین فرد و مقایسه آن با آماربرداری صدرصد در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵ - مقایسه برآورد ارتفاع درختان با روش نمونهبرداری نزدیکترین فرد با مقدار واقعی

توده	ارتفاع برآورده	مقدار واقعی	صحت (%)
۱	۲/۹۸	۲/۷۲	۹/۴۱
۲	۳/۴۴	۲/۵۷	۳۳/۶۷
۳	۲/۸۷	۲/۷۰	۶/۲۱

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه الگوی پراکنش درختان جنگلی بر نتیجه حاصل از برآورد کننده‌های روش‌های نمونهبرداری فاصله‌ای تأثیرگذار است، بنابراین برای بررسی کارایی این برآورد کننده‌ها بایستی قبل از هر چیز الگوی پراکنش توده را مشخص نمود. برای تعیین الگوی پراکنش درختان از نظر آماری فرمول‌های مختلفی توسط صاحبنظران ارائه گردیده است که در این بررسی از شاخص جانسون و زایمر استفاده گردید. با توجه به مقدار شاخص جانسون و زایمر (جدول ۱)، دو تا از توده‌های موردنظری (توده‌های ۱ و ۲) دارای الگوی پراکنش تصادفی و توده بعدی (شماره ۳) دارای پراکنش کپه‌ای بودند. با این حال دستیابی به یک نتیجه‌ی قطعی از طریق آزمون آماری امکان‌پذیر است. برای آزمون الگوهای تعیین شده توسط شاخص جانسون و زایمر از آماره Z استفاده شد (رابطه ۱۰)، یعنی مقدار $|Z|$ محاسبه شده باید با محاسبه Z تأیید شود که با توجه به نتایج این آزمون، توده‌های ۱ و ۲ دارای الگوی پراکنش تصادفی و توده شماره ۳ دارای الگوی پراکنش کپه‌ای بودند. در پژوهش‌های انجام‌گرفته در جنگل‌های زاگرس، صفری و همکاران (۱۳۸۹)، حیدری و همکاران (۱۳۸۹)، عسکری و همکاران (۱۳۹۲)، عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۳) نیز کاربرد شاخص جانسون و زایمر برای تعیین الگوی مکانی درختان را موردنظری قرار داده و کارایی آن را تأیید کرده‌اند.

نتایج حاصل از آماربرداری صدرصد (جدول ۲) نشان می‌دهد که تراکم و درصد تاج پوشش درختان سه توده یکسان نیستند، بهطوری که اولین توده موردنظری دارای کمترین تراکم و تاج پوشش (۳۹۴ اصله در هکتار و ۲۹/۷۲ درصد) و سومین توده موردنظری دارای بیشترین تراکم و درصد تاج پوشش (۴۹۶ اصله در هکتار و ۴۱/۴۶ درصد) هستند و دومین توده موردنظری از نظر دو مشخصه مذکور در حدفاصل دو توده قبلی می‌باشد (تراکم ۴۳۰ اصله و درصد تاج پوشش ۳۵/۳۶ درصد) که دیده می‌شود در اینجا بین تراکم و تاج پوشش رابطه مستقیم وجود دارد یعنی هرچه تراکم بیشتر شده

تاج پوشش هم بیشتر شده است. البته همیشه این رابطه به این صورت برقرار نیست. از نظر ارتفاع درختان نیز سه توده با توجه به جدول ۲ باهم تفاوت دارند به طوری که ارتفاع درختان از توده یک به توده سه به ترتیب $2/72$ ، $2/57$ و $2/70$ متر می‌باشد که دیده می‌شود بین ارتفاع و تاج پوشش و نیز بین ارتفاع و تراکم در این بررسی همبستگی وجود ندارد.

در خصوص برآورد تراکم درختان با استفاده از برآورد کننده‌های مختلف روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد، با توجه به جدول ۳ دیده می‌شود که نتایج آن‌ها در یک توده خاص باهم تفاوت دارند، برای مثال در اولین توده نتایج حاصل از آن‌ها یکسان نمی‌باشد (ستون دوم جدول ۳). بنابراین برای اینکه مشخص شود کدام‌یک از پنج برآورد کننده مذکور با توجه به معیار صحت قابل قبول (دامنه $\pm 10\%$) برای برآورد مشخصه تراکم درختان مناسب است، ابتدا بررسی آماری انجام گرفت (ستون‌های ۵ تا ۷ جدول ۳) که دیده می‌شود برای توده اول با الگوی پراکنش تصادفی مناسب‌ترین برآورد کننده، رابطه ارائه شده توسط بایت و ریپلی در سال ۱۹۸۰ می‌باشد (صحت $7/04$ -درصد) و برای توده‌ای که دارای الگوی پراکنش کپه‌ای بود (توده شماره ۳)، مناسب‌ترین برآورد کننده از بین پنج برآورد کننده این روش، فرمول ارائه شده توسط باچلر و بل در سال ۱۹۷۱ بود (صحت $6/77$ -درصد). نکته حائز اهمیت جدول ۳ این است که مقدار صحت تمامی برآوردهای مذکور کمتر از مقدار واقعی بوده‌اند. نتایج به دست آمده است که تمامی مقادیر برآورد شده با فرمول‌های دارای الگوی تصادفی این با نتیجه تحقیقات زارع و همکاران (۱۳۹۴)، عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۳) و نیز کیسا و شیل (Kissa and Sheil, 2012) همخوانی استفاده کرده‌اند، همخوانی دارد. و همچنین با نتایج تحقیقات حیدری و همکاران (۱۳۸۹) همخوانی دارد، زیرا آن‌ها بیان کردند که برخی از روابط روش‌های فاصله‌ای نتایج مناسبی را از برآورد تراکم ارائه می‌دهند. ولی با نتایج تحقیقات انجمن و همکاران (Engerman et al., 1994) که تعداد زیادی از برآوردهای فاصله‌ای و نیز روش‌های قطعه‌نمونه را بررسی کرده‌اند، تفاوت دارد. آن‌ها بیان کردند که نتایج حاصل از برآورد تراکم با استفاده از رابطه‌های روش‌های فاصله‌ای، از رابطه‌های دیگر روش‌ها ضعیفتر می‌باشد. نتیجه دیگری که می‌توان از ستون‌های ۵ و ۶ جدول ۳ استخراج نمود این است که دو توده اول و دوم با وجود اینکه هر دو توده دارای الگوی تصادفی هستند ولی برآورد کننده‌ها نتایج یکسانی را نشان ندادند بطوریکه رابطه بایت و ریپلی در توده اول برآورد مناسبی را نشان داد ولی در توده دوم نتیجه نامناسبی را بر مبنای معیار این بررسی نشان داد. شاید علت این موضوع شدت الگوی

تصادفی بودن این دو توده باشد. همان‌طور که ستون دوم جدول ۱ نشان می‌دهد مقدار شاخص جانسون و زایمر برای توده اول ۱/۷۸ و برای توده دوم ۱/۶۹ می‌باشد و این اعداد بیانگر این موضوع هستند که توده دوم اگرچه دارای الگوی تصادفی است ولی متمایل به سمت الگوی پراکنش یکنواختی می‌باشد و همین عامل باعث به وجود آمدن نتایج متفاوت شده است. زیرا الگوی پراکنش گیاهان بک طیف می‌باشد (کپهای، تصادفی و منظم) که هر کدام از این‌ها نیز بسته به تعداد نمونه و ... یک دامنه‌ای دارند که با آزمون‌های آماری مشخص می‌شوند مثلاً الگوی تصادفی می‌تواند تصادفی متمایل به سمت کپهای یا متمایل به سمت منظم باشد. برای مثال در روش قطعه‌نمونه یکی از شاخص‌ها نسبت واریانس تعداد درختان در قطعه‌نمونه به میانگین داده‌ها است که اگر این نسبت برابر صفر باشد حداقل یکنواختی و اگر برابر یک باشد، الگو تصادفی و اگر بیشتر از یک باشد الگوی پراکنش درختان کپهای خواهد بود. از نظر آماری (آزمون آماری) امکان دارد مقادیر ۱/۱۵ و ۰/۸ نیز تصادفی باشند؛ که یکی متمایل به سمت الگوی کپهای و دیگری به سمت الگوی منظم است که می‌تواند بر نتایج روش‌های نمونه‌برداری یا برآوردهای آن‌ها تأثیرگذار باشد، نتایج مربوط به توده‌های اول و دوم این بررسی (ستون دوم جدول ۱ و ستون‌های ۵ و ۶ جدول ۳) این موضوع را به خوبی نشان می‌دهد. همچنین با تحقیق شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) متفاوت است زیرا ایشان بیان کردند که با روش قطعه‌نمونه، موریسیتا (Morisita, 1957) تعداد در هکتار درختان بنه با توزیع کپهای که با روش قطعه‌نمونه، نزدیک‌ترین همسایه و k ریپلی تعیین گردیده بود، بدون اختلاف معنی‌دار از مقدار واقعی (در سطح خطای ۵ درصد) برآورد می‌کند. در رابطه با برآوردهای در توده‌های مورده بررسی با استفاده از برآوردهای روش نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد با توجه به جدول ۴ دیده می‌شود که در این حالت نیز مانند حالت برآوردهای تراکم، برآوردهای مختلف نتایج مختلفی را نشان دادند (ستون‌های دوم تا چهارم جدول ۴). برای مشخص کردن برآوردهایی که از نظر معیار صحت (دامنه $\pm 10\%$) برآوردهای درصد تاج پوشش درختان در توده‌های مورده بررسی رابطه ۱۱ (مربوط به معیار صحت) برای تمامی برآوردهای کننده‌ها انجام گرفت که نتایج آن‌ها در ستون‌های ۵ تا ۷ جدول ۴ آمده است. با توجه به نتایج به دست آمده در جدول ۴ دیده می‌شود که در حالت الگوی پراکنش تصادفی تعداد بیشتری از برآوردهای کننده‌ها (سه برآوردهای کننده) برای برآوردهای مشخصه درصد تاج پوشش نسبت به حالت الگوی پراکنش کپهای (فقط یک مورد) مناسب بودند. از میان برآوردهای کننده‌هایی که مناسب برآوردهای درصد تاج پوشش بودند، در حالت الگوی تصادفی به ترتیب رابطه‌های بایت و ریپلی (Byth and Ripley, 1980) (با صحت ۱/۳۸)، موریسیتا (Morisita, 1953) (با صحت

و کوتام و همکاران (Cottam et al., 1953) (با صحت ۷/۵۴) بهترین نتایج را نشان دادند و در حالت الگوی پراکنش کپهای بر مبنای معیار قابل قبول این بررسی فقط رابطه موریسیتا (Morisita, 1953) (با صحت ۹/۴۱) مناسب بود. این نتیجه با نتایج تحقیقات عسکری و همکاران (۱۳۹۲)، عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۳)، لایکوک و باچل (Laycock and Batcheler, 1975) و انجمن و همکاران (Engerman et al., 1994) همخوانی ندارد، آن‌ها اظهار کردند که هیچ‌کدام از برآوردهای کننده‌های روش نزدیک‌ترین فرد در توده‌های با الگوی کپهای درختان، برآورده قابل قبولی را نشان نمی‌دهد در صورتی که در این بررسی یکی از این برآوردهای کننده‌ها (رابطه موریسیتا (Morisita, 1953)) نتیجه مناسبی (صحت ۹/۴۱) را نشان داد. همان‌طور که نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد هرچند هر دو توده اول و دوم هر دو دارای الگوی پراکنش تصادفی هستند ولی برآوردهای این بررسی مانند حالت برآوردهای تراکم، نتایج متفاوتی را نشان می‌دهند. همان‌طور که بیان گردید در توده اول از میان پنج برآوردهای کننده، سه تای آن‌ها نتایج مناسبی را نشان دادند ولی در توده دوم تمامی برآوردهای کننده‌ها نتایج نامناسبی را نشان دادند که با احتمال زیاد تمایل الگوی پراکنش توده دوم به سمت الگوی یکنواختی می‌باشد.

با توجه به جدول ۵ دیده می‌شود که برآوردهای ارتفاع درختان با روش نزدیک‌ترین فرد در هر سه توده از مقدار واقعی (آماربرداری صدرصد) بیشتر است و از نظر معیار صحت قابل قبول این بررسی، نتایج در توده‌های اول (با الگوی تصادفی) و سوم (با الگوی کپهای) قابل قبول می‌باشد ولی در توده دوم (با الگوی تصادفی) نتیجه به دست آمده مناسب نمی‌باشد. در اینجا ذکر این نکته لازم است که ارتفاع به دست آمده با روش نزدیک‌ترین فرد تابع هیچ‌کدام از برآوردهای این روش نیست، چون محاسبات آن با محاسبات مربوط به مشخصه‌های تراکم و تاج پوشش تفاوت دارد. برای برآوردهای تراکم و تاج پوشش درختان از برآوردهای روش نزدیک‌ترین فرد استفاده گردید ولی برای ارتفاع نیازی به هیچ‌کدام از برآوردهای کننده‌ها نبود، زیرا نحوه محاسبه به این صورت بود که از داده‌های جمع‌آوری شده، ابتدا میانگین حسابی گرفته شد و بعد با استفاده از معیار موردنظر (در اینجا صحت) بررسی‌های لازم انجام گرفت. برای مثال در این بررسی چون برای روش نزدیک‌ترین فرد در هر توده تعداد ۳۰ نمونه (نقطه نمونه‌برداری) برداشت گردیده بود، بنابراین در هر نقطه نمونه‌برداری یک درخت و درمجموع ۳۰ اصله درخت اندازه‌گیری شده بود، ابتدا میانگین حسابی آن‌ها محاسبه و بعد براساس فرمول صحت (رابطه ۱۱) با مقدار واقعی مقایسه و نتیجه نهایی در جدول ۵ آورده شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به ارزیابی نتایج حاصل از این تحقیق برای برآورد تعداد در هکتار درختان در توده‌های دارای الگوی مکانی تصادفی رابطه بایت و ریپلی (Byth and Ripley, 1980) و توده‌های دارای الگوی مکانی کپه‌ای رابطه باچلر و بل (Batcheler and Bell, 1970) مناسب‌ترین رابطه می‌باشد. برای برآورد درصد تاج‌پوشش درختان (که مهم‌ترین مشخصه برای جنگلهای حفاظتی- حمایتی زاگرس می‌باشد) در توده‌های دارای الگوی مکانی تصادفی روابط بایت و ریپلی (Byth and Ripley, 1980)، کوتام و همکاران (Cottam et al., 1953) و موریسیتا (Morisita, 1953) و توده‌های با الگوی مکانی کپه‌ای رابطه موریسیتا (Morisita, 1953) بعنوان مناسب‌ترین رابطه پیشنهاد می‌شوند. در رابطه با برآورد ارتفاع درختان با روش نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد نتایج این بررسی رابطه‌ای بین این مشخصه و الگوی پراکنش درختان توده را نشان نداد. در نهایت براساس نتایج این بررسی می‌توان گفت که نه تنها الگوی پراکنش بر نتایج برآورد کننده‌های روش نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد تأثیرگذار است بلکه شدت الگوی پراکنش نیز می‌تواند تأثیرگذار باشد (نتایج توده‌های اول و دوم گواه این مطلب است).

منابع

- حیدری، ر.ح.، زبیری، م.، نمیرانیان، م.، سیحانی، م.، صفری، ۱۳۸۹.۱. بررسی صحت روش نمونه‌برداری نزدیک‌ترین فرد در جنگلهای بلوط غرب. مجله جنگل ایران، ۲ : ۳۳۰ - ۳۲۳.
- زارع، ل.، عرفانی‌فرد، س.ی.، تقوایی، م.، کرمی‌نژاد، ن. ۱۳۹۴. کارایی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در برآورد ویژگی‌های زیست‌سنگی توده‌های تنک بنه (*Pistacia atlantica subsp. Mutica*) در زاگرس. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۳: ۱۲۵ - ۱۴۴.
- سایت اداره هواشناسی استان کرمانشاه. ۱۳۹۸ آمار هواشناسی کرمانشاه (http://www.kermanshahmet.ir/met_state.aspx?lang=fa-ir)
- شيخ‌الاسلامی، ن.، عرفانی‌فرد، س.ی.، فلاح‌شمسمی، س.ر.، مسعودی، م.، خسروی، ۱. ۱۳۹۶. تأثیر نوع الگوی مکانی درختان بر کارایی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای و قطعه‌نمونه‌ای در درختزارهای زاگرس. مجله جنگل ایران، ۹: ۱۱۷ - ۱۰۱.
- صفری، ا.، شعبانیان، ن.، حیدری، ر.ح.، عرفانی‌فرد، س.ی.، پوررضا، م. ۱۳۸۹. بررسی الگوی مکانی درختان بلوط ایرانی (*Quercus brantii Lindi*). در جنگلهای باینگان کرمانشاه. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸: ۵۹۶ - ۶۰۸

عرفانی‌فرد، س.ی، شیخ‌الاسلامی، ن، زارع، ل. ۱۳۹۳. تأثیر الگوی پراکنش بر برآورده تراکم با روش نمونه‌برداری نزدیک‌ترین فرد: مطالعات موردی در درختزارهای بنه زاگرس و توده‌های شبیه‌سازی شده. مجله بوم‌شناسی کاربردی، ۷: ۹۲-۸۳.

عسکری، ی.، زبیری، م.، شهرابی، م. ۱۳۹۲. مقایسه پنج روش نمونه‌برداری فاصله‌ای برای برآورده ویژگی‌های کمی در جنگل‌های زاگرس. ۲۱: ۲۲۸-۳۱۶.

Batcheler, C.L., Bell, D.J. 1970. Experiments in estimating density from joint-point and nearest neighbour distances, Proceedings of the New Zealand Ecological Society, 17:111-117.

Byth, K., Ripley, B.D. 1980. On *sampling* spatial patterns by *distance methods*. Biometrics, 36, 279-84.

Cottam, G., Curtis, J.T., Wild Hale, B. 1953. Some sampling characteristics of a population of randomly dispersed individuals, *Ecology*, 34(4): 741-757.

Engerman, R.M., Sugihara, R.T., Pank, L.F., Dusenberry, W.E. 1994. A comparison of plotless density estimators using Monte Carlo simulation. *Ecology*, 75(6): 1769-1779.

Ghalandarayeshi, S., Nord-Larsen, T., Johannsen, V. K., Larsen, J. B. 2017. Spatial patterns of tree species in Suserup Skov – a semi-natural forest in Denmark. Forest Ecology and Management, 406, 391-401.

Kissa, D.O., Sheil, D. 2012. Visual detection based distance sampling offers efficient density estimation for distinctive low abundance tropical forest tree species in complex terrain. Forest Ecology and Management, 263: 114-121.

Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. Second Edition. Addison Wesley Educational Publisher Inc., Benjamin/Cummings imprint, 581 p.

Laycock, W.A., Batcheler, C.L. 1975. Comparison of distance measurement techniques for sampling Tussock grassland species in New Zealand, *J. Range Manage*, 28(1): 235-239.

Morisita, M. 1953. Estimation of population density by spacing method. Memoirs of the Faculty of Science Kyushu University, Series E, Biology 1:187-197.

Morisita, M. 1957. A new method for the estimation of density by the spacing method applicable to non randomly distributed populations, *Physoil Ecology*, 7(2): 134-144.

Roger B.J., William J.Z. 1985. A More Powerful Test for Dispersion Using Distance Measurements, *Ecology*, 66(5): 1669 – 1675.

Ludwig, J.A., Reynolds J.F. 1988. Statistical Ecology, A primer in methods and computing. John Wiley and sons.337pp

