دانشگاه گنبدکاووس
نشریه "حفاظت زیست‌بوم گیاهان"
دوره هشتم، شماره هفدهم
http://pec.gonbad.ac.ir

علمی-پژوهشی

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

عاطفه السادات حقانی [۱]، رضا حسین حیدری [۲]، سهیلا آقابیگی امین [۳*]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
[۲]استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه
[۳]استادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

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

چکیده

برآورد کننده‌های روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای چون بر مبنای الگوی پراکنش تصادفی درختان ارائه‌شده‌اند، در حالت‌های الگوی غیرتصادفی اریب می‌باشند. این پژوهش باهدف ارزیابی اثر الگوی مکانی درختان بلوط بر نتایج برآورد مشخصه‌های کمی سه توده مختلف به‌وسیله برآورد کننده‌های روش نزدیک‌ترین فرد در جنگل‌های چهارزبر 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 صددرصد 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 برآورد کننده روش مذکور با توجه به معیار صحت قابل‌قبول (دامنه ± 10 درصد)، رابطه ارائه‌شده توسط بایت و ریپلی و در الگوی کپه‌ای رابطه ارائه‌شده

*نویسنده مسئول: saghabeigi@yahoo.com

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

توسط باچلر و بل مناسب‌ترین برآورد کننده‌ها برای برآورد تراکم درختان بودند و برای برآورد درصد تاج پوشش درختان در حالت الگوی تصادفی روابط ارائه‌شده توسط بایت و ریپلی، 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 برآورد کننده‌ها محاسبه شد، دیده شد که برآورد 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 برآورد کننده‌های روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد مؤثر بودند.

واژه‌های کلیدی: **الگوی مکانی، تاج‌پوشش، تراکم، جنگل‌های زاگرس، روش نزدیک‌ترین فرد**

مقدمه

الگوی مکانی گیاهان یکی از جنبه‌های مهم اکولوژیکی گیاهی و اقدامات و ضروریات اندازه‌گیری پوشش‌گیاهی در هر منطقه می‌باشد (صفری و همکاران، ۱۳۸۹). در هر اجتماع بوم‌شناختی الگوی مکانی افراد به‌صورت 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 صددرصد و نمونه‌برداری استفاده می‌شود. آماربرداری صددرصد نیازمند عملیات میدانی زیادی است (صفری و همکاران، ۱۳۸۹). در مقابل آماربرداری صددرصد، روش‌های دیگر با در نظر گرفتن حداقل عملیات میدانی طراحی شدند. این روش‌ها شامل روش نمونه‌برداری تصادفی ساده، منظم‌تصادفی، 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 به‌صورت روش‌های فاصله‌ای انجام می‌گیرد (شیخ‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۶). از بین روش‌های آماربرداری، روش‌های فاصله‌ای به‌منظور برآورد سریع ویژگی‌های زیست‌سنجی 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 (۱۹۵۳) ارائه شد (Cottam et al., 1953). از عوامل تأثیرگذار بر صحت برآوردها در روش‌های فاصله‌ای، الگوی پراکنش مکانی افراد است

[2]Random
[3]Regular
[4]Aggregated or Clustered

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

که می‌توان برای جنگل‌های مختلف و نیز گونه‌های مختلف جنگل انتظار نتایج متفاوتی ازنظر 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 برآورد تعداد در هکتار درختان با توجه به معیار صحت قابل‌قبول (دامنه ± 10 درصد)، رابطه ارائه‌شده توسط موریسیتا (۱۹۵۳) و باچلر و بل (Batcheler and Bell, 1970) از بین روابط موردبررسی مناسب‌تر بودند. با توجه به نتایج پژوهش عسکری و همکاران برای برآورد تعداد در هکتار، رابطه ارائه‌شده 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 برآورد کننده باچلر با مدنظر قرار دادن آرایش مکانی درختان نتایج قابل‌قبولی را نشان می‌دهد. زارع و همکاران (۱۳۹۴) دریافتند که دو روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد و نزدیک‌ترین همسایه برای برآورد 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 دقت روش‌های فاصله‌ای پی بردند. لای‌کوک و باچل (Laycock and Batcheler, 1975) روش نزدیک‌ترین فرد را با آماربرداری صددرصد 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 برآورد می‌کند و در جوامعی با الگوی پراکنش کپه‌ای کمتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. انجمن و همکاران (Engerman et al., 1994) در تحقیقی با عنوان "مقایسه روش‌های فاصله‌ای برآورد 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 ارائه‌شده برای روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای نتایج ضعیف‌تری را در برآورد 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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 ارائه‌شده برای روش نزدیک‌ترین فرد با توجه به شرایط جنگل‌های حفاظتی زاگرس و برآورد مشخصه‌های کمی این جنگل-ها بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه موردمطالعه بخشی از جنگل‌های چهارزبر علیا است که در ۱۳ کیلومتری شرق شهرستان اسلام‌آباد غرب در استان کرمانشاه قرار دارد. منطقه موردنظر در ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا واقع‌شده است. بر اساس بررسی‌های انجام‌شده و آمار بلندمدت ایستگاه کلیماتوژی منطقه، میانگین بارندگی سالیانه منطقه معادل ۴۵۸/۵۹ میلی‌متر، دمای متوسط سالیانه ۱۳/۸۹ درجه سانتی‌گراد است (سایت اداره هواشناسی استان کرمانشاه).

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری ویژگی‌های کمی توده: برای اجرای این پژوهش ابتدا در منطقه موردمطالعه سه توده انتخاب و در هر توده یک قطعه‌نمونه مستطیل شکل به مساحت ۰/۵ هکتار (ابعاد ۶۲/۵ × ۸۰ متر) انتخاب و مرز آن‌ها مشخص شد. در داخل این قطعات با استفاده از روش آماربرداری صددرصد، 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 برحسب هکتار تقسیم شد. برای اندازه‌گیری درصد تاج‌پوشش واقعی، ابتدا مساحت تاج هر درخت با استفاده از رابطه ۱ محاسبه‌شده و با توجه به مجموع مساحت تاج (رابطه ۲) و مساحت قطعه‌نمونه، درصد تاج‌پوشش (رابطه ۳)، محاسبه شد.

$$cc_i = \frac{\pi}{4}(CD_1 \times CD_2)$$

رابطه ۱

$$\overline{cc} = \frac{\sum_{i=1}^{n} cc_i}{n}$$

رابطه ۲

$$cc\% = \frac{N_{ha} \times \overline{cc}}{100}$$

رابطه ۳

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

CD_1 و CD_2 (Crown Diameter) به ترتیب قطر بزرگ و قطر عمود بر آن درخت i به متر می‌باشند، $\overline{cc}$= میانگین سطح تاج درختان به مترمربع، cc_i= سطح تاج درخت i به مترمربع، n= تعداد کل درختان اندازه‌گیری شده، $\overline{cc} \times \hat{N}_{ha}$= سطح تاج پوشش درختان در هکتار به مترمربع، $cc\%$= درصد تاج پوشش درختان، $\overline{cc}$= میانگین سطح تاج درختان به مترمربع، $\hat{N}_{ha}$= تعداد در هکتار (تراکم)

در مرحله بعد درروش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد ابتدا تعداد ۳۰ نقطه نمونه‌برداری به‌طور 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) به‌طورمعمول 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 کفایت می‌کند. بعد از مشخص شدن نقطه نمونه‌برداری به‌صورت 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) موردبررسی قرار گرفت.

رابطه ۴، بایت و ریپلی (۱۹۸۰)

$$\hat{N}_{=\frac{n}{\pi\Sigma(r^2_{pi})}}$$

رابطه ۵، کوتام و همکاران (۱۹۵۳)

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

رابطه ۶، موریسیتا (۱۹۵۷)

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

رابطه ۷، باچلر و بل (۱۹۷۱)

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

رابطه ۸، موریسیتا (۱۹۵۳)

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

در روابط فوق:

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

$\hat{N}$= برآورد تراکم جمعیت (در مترمربع)، n= تعداد نقاط تصادفی، r_{pi}= فاصله نزدیک‌ترین فرد تا نقطه نمونه‌برداری i، N_{BR} = برآورد تراکم جمعیت روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد در واحد سطح با رابطه بایت و رایپلی، $\hat{N}_C$ = برآورد تراکم جمعیت روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد در واحد سطح با رابطه کوتام و همکاران. $\hat{N}_M$ = برآورد تراکم جمعیت روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد در واحد سطحبا رابطه موریسیتا ۱۹۵۷، $\hat{N}_{BB}$ = برآورد تراکم جمعیت روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد در واحد سطح با رابطه باچلر و بل، $\hat{N}_{MM}$ = 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 i، n = تعداد نمونه (تعداد نقطه نمونه‌برداری)، m = تعداد فاصله‌های اندازه‌گیری شده بین نقاط نمونه‌برداری و نزدیک‌ترین فرد به آن‌ها با توجه به مقدار R، $\bar{R}$ = میانه مقادیر فاصله‌های بین نقاط نمونه‌برداری و نزدیک‌ترین فرد به آن‌ها. برای محاسبه تعداد در هکتار ($\hat{N}_{ha}$) اعداد به‌دست‌آمده از رابطه‌های فوق در ۱۰۰۰۰ ضرب گردید، برای محاسبه درصد تاج‌پوشش با استفاده از اطلاعات جمع‌آوری‌شده، همانند روش آماربرداری صددرصد، از رابطه ۱ تا ۳ استفاده شد.

با توجه به اینکه برآورد تراکم با روش‌های فاصله‌ای به‌شدت تحت تأثیر الگوی پراکنش مکانی است، بنابراین اگر گیاهان و حیوانات الگوی پراکنش تصادفی داشته باشند برآورد تراکم یک حالت نا اریب 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:

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

رابطه ۹

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

[۵] Johnson & Zimmer

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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.

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

رابطه ۱۰

چنانچه مقدار z بین اعداد ۱/۹۶+ و ۱/۹۶- قرار بگیرد الگوی پراکنش درختان به‌صورت تصادفی و در غیر این صورت الگوی پراکنش به‌صورت غیرتصادفی خواهد بود بنابراین اگر مقدار آماره محاسباتی کمتر از ۱/۹۶- باشد، توزیع یکنواخت و اگر بزرگ‌تر از ۱/۹۶+ باشد، توزیع کپه‌ای خواهد بود (Ludwig and Reynolds, 1988).

ـ ارزیابی کارایی برآورد کننده‌های روش نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد: به‌منظور ارزیابی کارایی برآورد کننده‌های روش نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد در برآورد مشخصه‌های کمی توده‌های موردبررسی، از معیار صحت استفاده گردید (رابطه ۱۱). درصورتی‌که مقدار صحت محاسبه‌شده در دامنه $\pm 10\%$ قرار می‌گرفت، آن نتیجه به‌عنوان برآورد قابل‌قبول پذیرفته می‌شد.

$$A = \pm 100((Estimated - True)/True)$$

رابطه ۱۱

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

تجزیه و تحلیل آماری

بعد از بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگرف اسمیرونوف و همگن بودن داده‌ها با مقادیر واریانس داده‌ها با آزمون همگنی واریانس لیون، ازآنجاکه داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت می‌کردند آمار پارامتریک برای آنالیز آماری استفاده شد، سپس از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه 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 موردبررسی نشان داد که قطعه-نمونه یک و دو دارای الگوی مکانی تصادفی و قطعه‌نمونه سه دارای الگوی مکانی کپه‌ای بودند (جدول ۱).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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

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

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

جدول ۲ ـ تعداد در هکتار درختان و درصد تاج‌پوشش محاسبه‌شده و ارتفاع درختان قطعات نمونه موردبررسی در آماربرداری صددرصد

قطعه‌نمونه (توده)	تراکم (تعداد در هکتار)	میانگین سطح تاج یک درخت (مترمربع)	سطح تاج درختان (مترمربع در هکتار)	درصد تاج-پوشش (درصد)	ارتفاع کل (متر)
۱	۳۹۴	۷/۵۴	۲۹۷۱/۹۵	۲۹/۷۲	۲/۷۲
۲	۴۳۰	۸/۲۲	۳۵۳۶/۲۰	۳۵/۳۶	۲/۵۷
۳	۴۹۶	۸/۳۶	۴۱۴۶/۶۳	۴۱/۴۶	۲/۷۰

با توجه به جدول فوق نتایج آماربرداری صددرصد در قطعات نمونه موردبررسی 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 برآورد تعداد در هکتار درختان سه توده موردبررسی با استفاده از برآورد کننده‌های مختلف روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد مقایسه آن‌ها با آماربرداری صددرصد در جدول ۳ آورده شده است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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

رابطه	تعداد در هکتار			صحت (٪)		
	توده ۱	توده ۲	توده ۳	توده ۱	توده ۲	توده ۳
$\hat{N}_{BR}$	۳۶۶/۲۷	۲۴۳/۵۱	۲۰۹/۵۹	-۷/۰۴	-۴۳/۳۷	-۵۷/۷۴
$\hat{N}_{C}$	۳۳۳/۹۷	۲۱۸/۳۹	۲۴۰/۵۲	-۱۵/۲۴	-۴۹/۲۱	-۵۱/۵۱
$\hat{N}_{M}$	۳۵۴/۰۶	۲۳۵/۳۹	۲۰۲/۶۰	-۱۰/۱۴	-۴۵/۲۶	-۵۹/۱۵
$\hat{N}_{BB}$	۲۸۶/۳۹	۱۸۸/۵۰	۴۶۲/۴۲	-۲۷/۳۱	-۵۶/۱۶	-۶/۷۷
$\hat{N}_{MM}$	۳۰۱/۶۹	۲۰۱/۴۸	۳۴۹/۰۰	-۲۳/۴۳	-۵۳/۱۴	-۲۹/۶۴
واقعی	۳۹۴	۴۳۰	۴۹۶	-	-	-

نتایج برآورد درصدتاج پوشش درختان سه توده موردبررسی با استفاده از برآورد کننده‌های مختلف روش فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد مقایسه آن‌ها با آماربرداری صددرصد در جدول ۴ آمده است.

جدول ۴ ـ مقایسه برآورد درصد تاج‌پوشش درختان با روابط مختلف روش نمونه‌برداری نزدیک‌ترین فرد با مقدار واقعی

رابطه	درصد تاج‌پوشش			صحت (٪)		
	توده ۱	توده ۲	توده ۳	توده ۱	توده ۲	توده ۳
$\hat{N}_{BR}$	۳۰/۱۳	۳۱/۶۹	۲۲/۵۶	۱/۳۸	-۱۰/۳۸	-۴۵/۶۱
$\hat{N}_{C}$	۲۷/۴۸	۲۸/۴۲	۲۵/۸۸	-۷/۵۴	-۱۹/۶۳	-۳۷/۵۸
$\hat{N}_{M}$	۲۹/۱۳	۶۴/۳۰	۲۱/۸۰	-۱/۹۹	-۱۳/۳۵	-۴۷/۴۲
$\hat{N}_{BB}$	۲۳/۵۶	۲۴/۵۳	۴۹/۷۷	-۲۰/۷۲	-۳۰/۶۲	۲۰/۰۳
$\hat{N}_{MM}$	۲۴/۸۲	۲۶/۲۲	۳۷/۵۶	-۱۶/۴۹	-۲۵/۸۴	-۹/۴۱
واقعی	۲۹/۷۲	۳۵/۳۶	۴۱/۴۶	-	-	-

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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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

توده	ارتفاع برآوردی	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 ازنظر 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 موردبررسی (توده‌های ۱ و ۲) دارای الگوی پراکنش تصادفی و توده بعدی (شماره ۳) دارای پراکنش کپه‌ای بودند. بااین‌حال دستیابی به یک نتیجه‌ی قطعی فقط از طریق آزمون آماری امکان‌پذیر است. برای آزمون الگوهای تعیین‌شده توسط شاخص جانسون و زایمر از آماره **z** استفاده شد (رابطه ۱۰)، یعنی مقدار **I** محاسبه‌شده 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 موردبررسی قرار داده و کارایی آن را تأیید کرده‌اند.

نتایج حاصل از آماربرداری صددرصد (جدول ۲) نشان می‌دهد که تراکم و درصد تاج پوشش درختان سه توده یکسان نیستند، به‌طوری‌که اولین توده موردبررسی دارای کمترین تراکم و تاج‌پوشش (۳۹۴ اصله در هکتار و ۲۹/۷۲ درصد) و سومین توده موردبررسی دارای بیشترین تراکم و درصد تاج پوشش (۴۹۶ اصله در هکتار و ۴۱/۴۶ درصد) هستند و دومین توده موردبررسی ازنظر 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

تاج‌پوشش هم بیشتر شده است. البته همیشه این رابطه به این صورت برقرار نیست. ازنظر ارتفاع درختان نیز سه توده با توجه به جدول ۲ باهم تفاوت دارند به‌طوری‌که ارتفاع درختان از توده یک به توده سه به ترتیب ۲/۷۲، ۲/۵۷ و ۲/۷۰ 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 قابل‌قبول (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 ارائه‌شده توسط بایت و ریپلی در سال ۱۹۸۰ می‌باشد (صحت ۷/۰۴- درصد) و برای توده‌ای که دارای الگوی پراکنش کپه‌ای بود (توده شماره ۳)، مناسب‌ترین برآورد کننده از بین پنج برآورد کننده این روش، فرمول ارائه‌شده توسط باچلر و بل در سال ۱۹۷۱ بود (صحت ۶/۷۷- درصد). نکته حائز اهمیت جدول ۳ این است که مقدار صحت تمامی برآورد کننده‌ها دارای علامت منفی هستند و این بیانگر این موضوع است که تمامی مقادیر برآورد شده با فرمول‌های مذکور کمتر از مقدار واقعی بوده‌اند. نتایج به‌دست‌آمده با فرمول بایت و ریپلی در توده دارای الگوی تصادفی این با نتیجه تحقیقات زارع و همکاران (۱۳۹۴)، عرفانی‌فرد و همکاران (۱۳۹۳) و نیز کیسا و شیل (Kissa and Sheil, 2012) که از این فرمول 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 برآورد کننده‌های 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 باوجوداینکه 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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 یک طیف می‌باشد (کپه‌ای، تصادفی و منظم) که هرکدام 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 درروش قطعه‌نمونه یکی از شاخص‌ها نسبت واریانس تعداد درختان در قطعه‌نمونه به میانگین داده‌ها است که اگر این نسبت برابر صفر باشد حداکثر یکنواختی و اگر برابر یک باشد، الگو تصادفی و اگر بیشتر از یک باشد الگوی پراکنش درختان کپه‌ای خواهد بود. ازنظر 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 برآورد کننده‌های 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 به‌خوبی نشان می‌دهد. همچنین با تحقیق شیخ‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۶) متفاوت است زیرا ایشان بیان کردند که برآورد کننده 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 برآورد درصد تاج پوشش درختان در توده‌های موردبررسی با استفاده از برآورد کننده‌های روش نمونه‌برداری فاصله‌ای نزدیک‌ترین فرد با توجه به جدول ۴ دیده می‌شود که در این حالت نیز مانند حالت برآورد تراکم، برآورد کننده‌های مختلف نتایج مختلفی را نشان دادند (ستون‌های دوم تا چهارم جدول ۴). برای مشخص کردن برآورد کننده‌هایی که ازنظر معیار صحت (دامنه $\pm 10\%$) برای برآورد درصد تاج پوشش مناسب باشند، محاسبات آماری براساس رابطه ۱۱ (مربوط به معیار صحت) برای تمامی برآورد کننده‌ها انجام گرفت که نتایج آن‌ها در ستون‌های ۵ تا ۷ جدول ۴ آمده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۴ دیده می‌شود که در حالت الگوی پراکنش تصادفی تعداد بیشتری از برآورد کننده‌ها (سه برآورد کننده) برای برآورد مشخصه درصد تاج پوشش نسبت به حالت الگوی پراکنش کپه‌ای (فقط یک مورد) مناسب بودند. از میان برآورد کننده‌هایی که مناسب برآورد درصد تاج‌پوشش بودند، در حالت الگوی تصادفی به ترتیب رابطه‌های بایت و ریپلی (Byth and Ripley, 1980) (با صحت ۱/۳۸)، موریسیتا (Morisita, 1953) (با صحت

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

۱/۹۹-) 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 قابل‌قبول 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 برآورد کننده‌های روش نزدیک‌ترین فرد در توده‌های با الگوی کپه‌ای درختان، برآورد قابل‌قبولی را نشان نمی‌دهد درصورتی‌که در این بررسی یکی از این برآورد 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 برآورد کننده‌های این بررسی مانند حالت برآورد تراکم، نتایج متفاوتی را نشان می‌دهند. همان‌طور که بیان گردید در توده اول از میان پنج برآورد کننده، سه تای آن‌ها نتایج مناسبی را نشان دادند ولی در توده دوم تمامی برآورد کننده‌ها نتایج نامناسبی را نشان دادند که به‌احتمال‌زیاد تمایل الگوی پراکنش توده دوم به سمت الگوی یکنواختی می‌باشد.

با توجه به جدول ۵ دیده می‌شود که برآورد ارتفاع درختان با روش نزدیک‌ترین فرد در هر سه توده از مقدار واقعی (آماربرداری صددرصد) بیشتر است و ازنظر معیار صحت قابل‌قبول این بررسی، نتایج در توده‌های اول (با الگوی تصادفی) و سوم (با الگوی کپه‌ای) قابل‌قبول می‌باشد ولی در توده دوم (با الگوی تصادفی) نتیجه به‌دست‌آمده مناسب نمی‌باشد. در اینجا ذکر این نکته لازم است که ارتفاع به‌دست‌آمده با روش نزدیک‌ترین فرد تابع هیچ‌کدام از برآورد کننده‌های این روش نیست، چون محاسبات آن با محاسبات مربوط به مشخصه‌های تراکم و تاج پوشش تفاوت دارد. برای برآورد تراکم و تاج پوشش درختان از برآورد کننده‌های روش نزدیک‌ترین فرد استفاده گردید ولی برای ارتفاع نیازی به هیچ‌کدام از برآورد کننده‌ها نبود، زیرا نحوه محاسبه به این صورت بود که از داده‌های جمع‌آوری‌شده، 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.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

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) به‌عنوان 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. درنهایت براساس نتایج این بررسی می‌توان گفت که نه‌تنها 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.، سبحانی، ه.، صفری، ا.،۱۳۸۹. بررسی صحت روش نمونه‌برداری نزدیک‌ترین فرد در جنگل‌های بلوط غرب. مجله جنگل ایران، ۲ : ۳۳۰ ـ ۳۲۳.

زارع، ل.، عرفانی‌فرد، س.ی.، تقوایی، م.، کریمی‌نژاد، ن. ۱۳۹۴. کارایی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در برآورد ویژگی‌های زیست‌سنجی توده‌های تنک بنه *(Pistaciaatlantica subsp. Mutica)* در زاگرس. نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، ۲۳: ۱۴۴ ـ ۱۲۵.

سایت اداره هواشناسی استان کرمانشاه. ۱۳۹۸. آمار هواشناسی کرمانشاه (http://www.kermanshahmet.ir/met_state.aspx?lang=fa-ir)

شیخ‌الاسلامی، ن.، عرفانی‌فرد، س.ی.، فلاح‌شمسی، س.ر.، مسعودی، م.، خسروی، ا. ۱۳۹۶. تأثیر نوع الگوی مکانی درختان بر کارایی روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای و قطعه‌نمونه‌ای در درختزارهای زاگرس. مجله جنگل ایران، ۹ : ۱۱۷ ـ ۱۰۱.

صفری، ا.، شعبانیان، ن.، حیدری، ر.ح.، عرفانی‌فرد، س.ی.، پوررضا، م. ۱۳۸۹. بررسی الگوی مکانی درختان بلوط ایرانی *(Quercusbrantii Lindi.)*در جنگل‌های باینگان کرمانشاه. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۱۸ : ۶۰۸ ـ ۵۹۶.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

عرفانی‌فرد، س.ی.، شیخ‌الاسلامی، ن.، زارع، ل. ۱۳۹۳. تأثیر الگوی پراکنش بر برآورد تراکم با روش نمونه‌برداری نزدیک‌ترین فرد: مطالعات موردی در درختزارهای بنه زاگرس و توده‌های شبیه‌سازی شده. مجله بوم شناسی کاربردی، ۷ : ۹۲ ـ۸۳.

عسکری، ی.، زبیری، م.، سهرابی، ه. ۱۳۹۲. مقایسه پنج روش نمونه‌برداری فاصله‌ای برای برآورد ویژگی‌های کمی در جنگل‌های زاگرس. ۲۱ : ۳۲۸ ـ 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 Welsey 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 KyushuUniversity, 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

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]