

## صحت روش خط نمونه در برآورد تاج پوشش و تراکم جنگل‌های زاگرس در منطقه چهارطاق اردل

هرمز سهرابی؛ استادیار بیومتری جنگل، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران  
یوسف عسکری؛ کارشناس ارشد جنگل‌داری دانشگاه شهرکرد، نور، ایران  
محمود زبیری؛ استاد بیومتری جنگل، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

### چکیده

در این تحقیق اریبی برآورد تاج پوشش و تراکم درختان و درختچه‌های جنگل با نمونه‌برداری به روش خط نمونه بررسی شده است. برای این منظور، قطر تاج و موقعیت مکانی کلیه پایه‌های با قطر تاج بیش از ۱۰ سانتی‌متر در یک قطعه ۵۳ هکتاری در بخشی از جنگل‌های زاگرس، واقع در اردل در استان چهارمحال و بختیاری، ثبت شد. سپس خط نمونه‌های با طول ۵۰ تا ۴۰۰ متر با فواصل ۵۰ متری به تعداد ۱۰۰ بار، هر بار ۱۰۰ نمونه به روش کاملاً تصادفی برداشت شد. وجود اختلاف بین مقادیر برآوردشده با استفاده از خط نمونه با طول‌های گوناگون با تحلیل واریانس بررسی شد. نتایج نشان داد که بین طول‌های گوناگون از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و کاهش انحراف معیار با افزایش طول نمونه برای هر دو متغیر پس از ۲۰۰ متر چشمگیر نبود. به عبارتی، با افزایش طول خط نمونه بیش از ۲۰۰ متر، افزایشی در دقت نمونه‌برداری حاصل نخواهد شد. تحلیل اریبی نشان داد که روش خط نمونه، اریب و بیش‌برآورد است. به‌گفته دیگر، مقادیر برآوردشده با این روش با آماربرداری صد در صد تفاوت دارد و مقدار اریبی نسبی بین ۶ تا ۹ درصد برای تاج پوشش و ۴ تا ۶ درصد برای تراکم پایه‌ها بود. اگرچه نتایج این تحقیق بیش‌برآورد بودن این روش و وجود تفاوت معنی‌دار آماری با نتایج آماربرداری صد در صد را تأیید کرد، مقدار کم و قابل اغماض بیش‌برآوردی در مقابل سرعت و کارایی این روش در اجراء قابل چشم‌پوشی است.

واژگان کلیدی: آماربرداری صد در صد، اریبی، اردل، بیش‌برآوردی، طول خط نمونه.

## مقدمه

کنفیدل نمونه‌برداری خطی<sup>۱</sup> را در سال ۱۹۴۱ معرفی کرد که تا به امروز کاربردهای بسیاری در برآورد وفور و پوشش گونه‌های گیاهی داشته است [۱]. این روش بر پایه یک خط به‌عنوان نمونه استوار است که معیار قرارگرفتن افراد در این نمونه خطی، گذر خط از مکان سایه هندسی افراد است [۱]. نمونه‌برداری خطی برای اهداف گوناگونی مثل برآورد نسبت یا برآورد پارامترهای کمی جنگل به‌کار می‌رود. نمونه‌برداری خطی شامل انواع گوناگونی مانند خط نمونه (با طول معین، تعداد درخت معین بر اساس اندازه‌گیری فاصله بین درختان و بر اساس تئوری احتمالات) است [۲].

در بین روش‌های گوناگون نمونه‌برداری و نیز روش‌های گوناگون نمونه‌برداری خطی، از نظر گستردگی به‌کارگیری در اجرا، روش خط نمونه بیشترین کاربرد را در جنگل‌های زاگرسی و ایران و تورانی داشته است. در ایران اولین استفاده از خط نمونه برای برآورد پارامترهای کمی جنگل در سال ۱۳۷۲ در جنگل‌های جگین صورت گرفته است [۲]. پس از آن، محققان بسیاری در مناطق گوناگون کشور گونه‌های گوناگون نمونه‌برداری خطی را با اهداف متفاوت بررسی کردند. در تحقیقی نمونه‌برداری با قطعه نمونه دایره‌ای، مستطیلی و خط نمونه مقایسه شد [۳]. نتایج نشان داد که میانگین‌های سطح مقطع در هکتار و تعداد درخت در هکتار به‌دست آمده از هر سه روش تفاوت آماری معنی‌داری ندارند، اما با در نظر گرفتن هزینه برداشت نمونه، روش نمونه‌برداری خطی بهتر از دو روش دیگر بود. در تحقیق دیگری نمونه‌برداری منظم تصادفی با قطعات نمونه دایره‌ای و روش خط نمونه (با اندازه‌گیری فاصله بین درختان) در جنگل‌های سرخه‌دیزه کرمانشاه بررسی شد [۴]. نتایج این تحقیق نشان داد هر دو روش از نظر آماری با آماربرداری صد در صد تفاوت نداشتند. طبق این تحقیق، کارایی

روش خط نمونه با معیار  $T^2 * E\%$  بیشتر از روش دیگر بود. در تحقیق دیگری، در جنگل‌های حفاظتی خلخال، آماربرداری با روش‌های خط نمونه با فاصله بین درختان و خط نمونه بر اساس تئوری احتمالات از نظر دقت و هزینه بررسی شد [۵]. بر اساس نتایج این تحقیق، خط نمونه با فاصله بین درختان بهتر از خط نمونه بر اساس تئوری احتمالات بود. در پژوهش دیگری مناسب‌ترین طول خط نمونه (با اندازه‌گیری فاصله بین درختان) برای برآورد مشخصه‌های کمی در جنگل‌های زاگرس بررسی شد [۶]. در این تحقیق خط نمونه‌هایی به طول ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۱۴۰ متر در نظر گرفته شد؛ نتایج نشان داد که خط نمونه با طول ۱۴۰ متر، هم در برآورد تعداد در هکتار و هم در برآورد سطح تاج پوشش، بیشترین دقت را داراست. همچنین در بخشی از جنگل آموزشی-پژوهشی دانشگاه کرمانشاه آماربرداری با قطعات نمونه ۱۰ آری و آماربرداری با خط نمونه (با اندازه‌گیری فاصله بین درختان) از نظر دقت و هزینه مقایسه شده است [۷]. نتایج این تحقیق برتری قطعه نمونه بر خط نمونه را از نظر کارایی بیان کرد. در تحقیقات داخل کشور، کارایی نمونه‌برداری خطی برای اهداف دیگری نیز مانند برآورد مازاد مقطوعات پس از عملیات قطع نیز بررسی شده است [۸].

نمونه‌برداری با استفاده از خط نمونه [۲] تاکنون در زمینه‌های متعددی مانند برآورد مازاد مقطوعات [۸، ۹]، برآورد الگوی پراکنش خشکه‌دارهای سرپا و افتاده [۱۰]، آماربرداری اکوتون جنگل [۱۱]، تعیین طول جاده‌ها [۱۲] و ... داشته است. اما کاربرد اصلی این روش در داخل کشور در زمینه برآورد درصد تاج پوشش برای بررسی صحت طبقه‌بندی تراکمی جنگل با استفاده از تفسیر چشمی عکس‌های هوایی بوده است. این تحقیق این موارد را بررسی می‌کند: ۱. آیا روش نمونه‌برداری خطی ناریب است؟ ۲. تأثیر طول خط نمونه بر برآورد میانگین پارامترهای جنگل شامل

کنار رودخانه سبزکوه تا ۳۱۰۰ متر در ارتفاعات کوه کلار متغیر است. بر اساس بررسی های انجام گرفته و مطابق آمار بلندمدت ایستگاه کليما توژی منطقه، میانگین بارندگی سالیانه منطقه معادل ۵۳۰/۱۵ میلی متر، حداقل درجه حرارت مطلق ۱۹/۵- درجه سانتی گراد، و حداکثر درجه حرارت مطلق ۳۵ درجه سانتی گراد است. بر اساس روش دومارتن منطقه مورد مطالعه جزو اقلیم نیمه مرطوب محسوب می شود [۱۳].

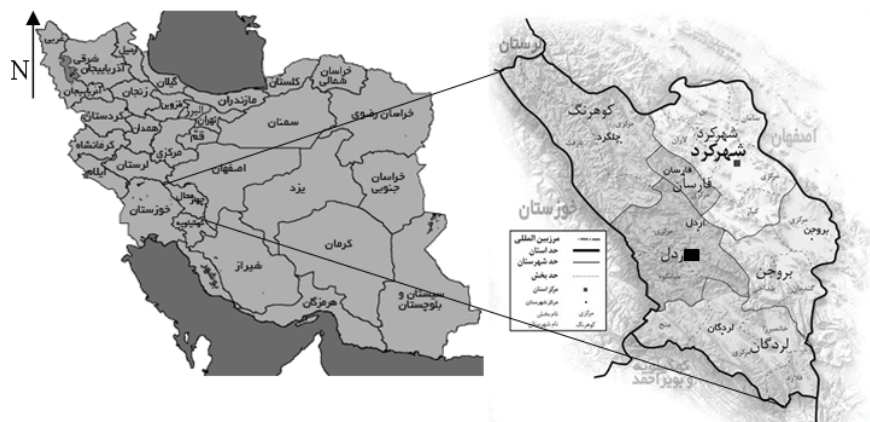
این جنگل تنوع و ساختار رویشگاهی منحصر به فردی دارد و درختان سوزنی برگ و پهن برگ و درختچه های متعددی (مانند زبان گنجشک، محلب، بید، بنه، زالزالک، بلوط، دافنه، شهن، انواع بادام، راناس، و...) در آن دیده می شود.

درصد تاج پوشش و تعداد پایه در هکتار چیست؟ ۳. طول مناسب خط نمونه از نظر میزان اشتباه آمار برداری مجاز چقدر است؟

## روش شناسی

### منطقه مورد مطالعه

جنگل مورد مطالعه در ۱۰۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرکرد و ۴۰ کیلومتری شهرستان اردل با مساحتی معادل ۵۳ هکتار قرار گرفته است. از نظر جغرافیایی در حد فاصل ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه و ۳۴ ثانیه تا ۳۱ درجه و ۵۲ دقیقه و ۴۴ ثانیه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۸ دقیقه و ۳۹ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه و ۱۱ ثانیه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). ارتفاع از سطح دریا در این رویشگاه از حداقل ۲۱۰۰ متر از



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

قطبی به مختصات دکارتی تبدیل شد.

$$\text{رابطه (۱)} \quad x = l \cos(A^\circ)$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad y = l \sin(A^\circ)$$

که در آن ها  $x$  و  $y$  مختصات دکارتی،  $l$  فاصله افقی از مبدأ به متر، و  $A$  آزیموت دید روی از مبدأ با مرکز درخت بر حسب درجه است.

### نمونه برداری به روش خط نمونه

خط نمونه بررسی شده در این تحقیق خط نمونه بدون

### آمار برداری صد در صد

برای بررسی اهداف تحقیق، قطر تاج و مختصات قطبی مکان کلیه درختان و درختچه ها اندازه گیری و ثبت شد. آزیموت درختان و درختچه ها با استفاده از قطب نما  $Sunnto$ ، و فاصله تا مرکز هر کدام با متر نواری اندازه گیری شد. برای تبدیل فاصله شیب دار به فاصله افقی شیب در مسیر هر اندازه گیری فاصله با شیب سنج  $Sunnto$  اندازه گیری شد و فاصله افقی به دست آمد. سپس با استفاده از روابط زیر، مختصات

که در آن  $B$  اریبی،  $B_r$  اریبی نسبی به درصد،  $\theta$  مقدار واقعی پارامتر، و  $\hat{\theta}$  مقدار برآوردی است [۱۵]. مقدار واقعی بر اساس آماربرداری صد در صد محاسبه شد. برای تعیین وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین میزان اریبی و مقدار صفر، از آزمون  $t$  تک‌نمونه‌ای استفاده شد.

شایان ذکر است که درصد تاج پوشش از تقسیم مساحت تاج تمام درختان و درختچه‌ها بر مساحت منطقه به‌دست آمد. به‌عبارتی، همپوشانی‌ها نیز در محاسبه درصد تاج پوشش لحاظ شد.

برای تحلیل ارتباط دقت و طول خط نمونه برای رسیدن به فاصله مناسب نمونه‌برداری با معیار دقت برآورد، درصد ضریب تغییرات هر متغیر محاسبه و در مقابل طول خط نمونه ترسیم شد.

## نتایج

### شاخص‌های زیستی جنگل مورد بررسی

با برداشت زمینی، قطر تاج و گونه درختان و درختچه‌های ۵۳ هکتار از ذخیره‌گاه جنگلی چهارطاق اندازه‌گیری شد. در مجموع، ۸۰۶۰ پایه گونه چوبی (۴۲۸۶ پایه درختچه و ۳۷۷۲ پایه درخت) در این قطعه از جنگل وجود داشت (شکل ۲). تعداد پایه در هکتار ۱۵۲ و درصد تاج پوشش ۷ درصد بود (مساحت سطح تاج درختان و درختچه‌ها بدون حذف همپوشانی‌ها ۳/۶۸ هکتار به‌دست آمد). در مجموع، ۱۲ گونه چوبی در این محدوده واقع شده بودند که از بین درختان بیشترین تعداد مربوط به زالزالک<sup>۱</sup> و از بین درختچه‌ها بیشترین تعداد مربوط به راناس<sup>۲</sup> بود. متوسط قطر تاج درختان ۲/۷۵ متر و بیشترین قطر تاج مربوط به ارس با قطر تاج ۱۱ متر بود. متوسط قطر تاج درختچه‌ها ۱/۱ متر به‌دست آمد که بزرگ‌ترین قطر تاج مربوط به شهن<sup>۳</sup> با قطر تاج ۴ متر بود.

اندازه‌گیری فاصله بین درختان است. در این روش، خطی با طول معین در جنگل پیاده می‌شود و قطر تاج درختانی که این خط را قطع کرده‌اند اندازه‌گیری می‌شود. برای تحلیل اریبی این روش در محدوده مورد مطالعه ۱۰۰ بار، هر بار ۱۰۰ نقطه به‌صورت کاملاً تصادفی مشخص و از هر نقطه خط نمونه با طول لازم اندازه‌گیری شد (در مجموع، ۱۰۰۰۰ نمونه برای هر طولی از خط نمونه و در نهایت ۸۰۰۰۰ خط نمونه). نمونه‌برداری با جای‌گذاری انجام شد. خط نمونه‌های با طول ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۳۵۰ و ۴۰۰ متر برداشت شدند. اجرای این نمونه‌برداری با کمک برنامه‌نویسی در محیط R انجام شد [۱۴]. پس از مشخص شدن درختان هر نمونه، تراکم (تعداد پایه در هکتار) و درصد تاج پوشش از روابط ۳ و ۴ به‌دست آمد [۲].

$$D = 10^4 \times \frac{\sum_{i=1}^n cd_i}{L} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$cc\% = \frac{25 \times \pi \times \sum_{i=1}^n cd_i}{L} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$D$  تراکم درختان و درختچه‌ها در هکتار،  $cc\%$  درصد تاج پوشش،  $cd$  قطر تاج درخت، و  $L$  طول خط نمونه است.

### تحلیل داده‌ها

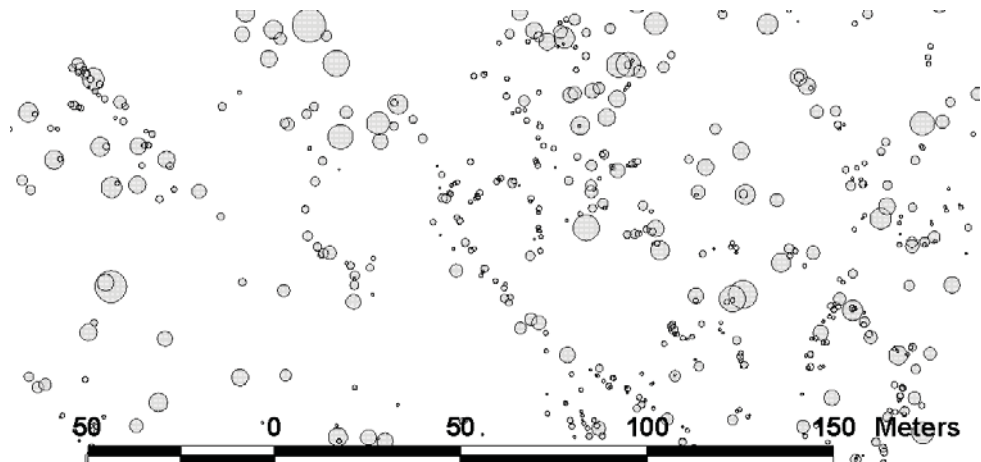
ابتدا نرمال‌بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. برای بررسی وجود اختلاف بین طول‌های مختلف خط نمونه از تجزیه واریانس یک‌طرفه استفاده شد.

اریبی و اریبی نسبی برآورد با استفاده از روابط ۵ و ۶ به‌دست آمد.

$$B_r\% = 100 \times \frac{B}{\theta} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$B = \sum \frac{\hat{\theta}_i - \theta_i}{n} \quad \text{رابطه (۶)}$$

1. Crataegus Persica
2. Cerasus Microcarpa
3. Lonicera Nummulariifolia



شکل ۲. بخشی از جنگل مورد مطالعه (مکان درختان و درختچه‌ها با اندازه‌های قطر تاج آن‌ها در شکل مشخص است)

### مقایسه برآورد درصد پوشش و تعداد پایه در هکتار طول‌های گوناگون خط

تبعیت توزیع داده‌ها از توزیع نرمال با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف تأیید شد. با استفاده از تجزیه واریانس یک‌طرفه، وجود اختلاف آماری معنی‌دار بین طول‌های گوناگون ترانسکت برای برآورد متغیرهای کمی بررسی شد. نتیجه تجزیه واریانس متغیر درصد تاج پوشش، حاکی از عدم وجود اختلاف

معنی‌دار آماری بین طول‌های گوناگون نمونه‌برداری است (جدول‌های ۱ و ۳). ضریب تغییرات درصد تاج پوشش در مدل تجزیه واریانس یک‌طرفه ۱۱ درصد بود. همچنین تجزیه واریانس یک‌طرفه تعداد پایه در هکتار نیز نبود اختلاف آماری معنی‌دار را نشان داد (جدول‌های ۲ و ۳). ضریب تغییرات تعداد پایه در هکتار برای مدل تجزیه واریانس یک‌طرفه ۷/۵ درصد بود.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس متغیر درصد تاج پوشش برای کل درختان و درختچه‌های جنگل

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	p.value
روش و اندازه نمونه‌برداری	۷	۰/۷۴	۱/۱	۰/۳۶ <sup>ns</sup>
خطا	۷۹۲	۰/۶۹		

ns: معنی‌دار نیست.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس متغیر تعداد پایه در هکتار برای کل درختان و درختچه‌های جنگل

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	p.value
روش و اندازه نمونه‌برداری	۷	۱۴۷	۰/۹۸	۰/۴۵ <sup>ns</sup>
خطا	۷۹۲	۱۴۹		

ns: معنی‌دار نیست.

## تحلیل اریبی طول‌های گوناگون خط نمونه

در شکل ۳ نتایج تحلیل اریبی برآورد تراکم و درصد تاج پوشش جنگل برای طول‌های گوناگون خط نمونه آمده است. مقدار اریبی، که همان اختلاف پارامترهای برآوردی نمونه‌برداری خطی با آماربرداری صد در صد است، محاسبه شد. برای پاسخ به این سؤال که آیا اریبی به‌دست‌آمده معنی‌دار است یا به سبب اشتباه آماربرداری، از آزمون  $t$  تک‌نمونه‌ای استفاده

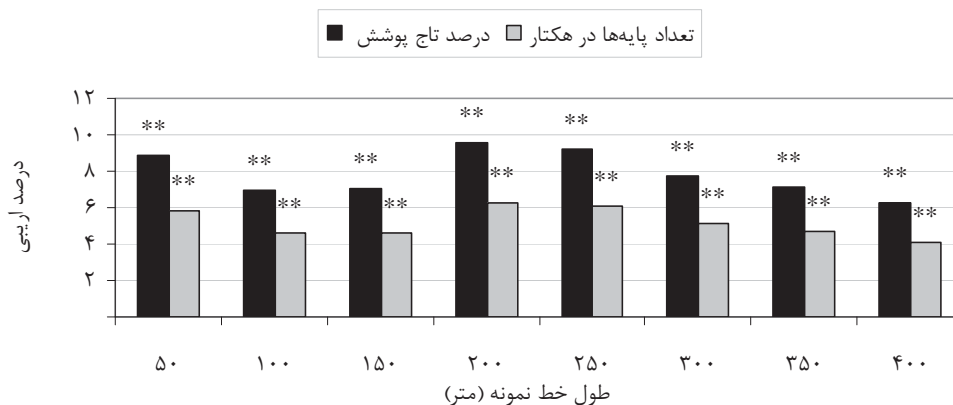
شد. نتایج آزمون  $t$  تک‌نمونه‌ای برای مقایسه اریبی به‌دست‌آمده با مقدار صفر، حاکی از معنی‌دار بودن اختلاف آماری با ۹۹ درصد اطمینان برای تمامی طول‌های خط نمونه و بیش‌برآوردی برای هر دو متغیر مورد بررسی بود. اریبی نسبی برای برآورد تعداد پایه در هکتار بین ۴ تا ۶ درصد متغیر بود، اما اریبی نسبی برآورد درصد تاج پوشش بیشتر از اریبی نسبی برآورد تعداد پایه در هکتار و بین ۶ تا ۹ درصد بود.

جدول ۳. میانگین درصد تاج پوشش و تعداد پایه در هکتار به‌دست‌آمده با خط نمونه‌های با طول گوناگون

طول خط نمونه (متر)	میانگین درصد تاج پوشش	میانگین تعداد پایه در هکتار
۵۰	۷/۶ (۰/۰۹)	۱۶۳/۷ (۲/۰)
۱۰۰	۷/۵ (۰/۰۶)	۱۶۲/۰ (۱/۴)
۱۵۰	۷/۷ (۰/۰۶)	۱۶۱/۲ (۱/۳)
۲۰۰	۷/۷ (۰/۰۵)	۱۶۳/۰ (۱/۱)
۲۵۰	۷/۶ (۰/۰۴)	۱۶۲/۰ (۰/۹)
۳۰۰	۷/۵ (۰/۰۴)	۱۶۲/۲ (۰/۹)
۳۵۰	۷/۵ (۰/۰۴)	۱۶۱/۴ (۰/۹)
۴۰۰	۷/۴ (۰/۰۴)	۱۵۹/۷ (۰/۸)

اعداد داخل پرانتز اشتباه معیار برآورد است. در هریک از ستون‌ها حروف یکسان حاکی از نبود اختلاف آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها با

۹۵ درصد اطمینان است.



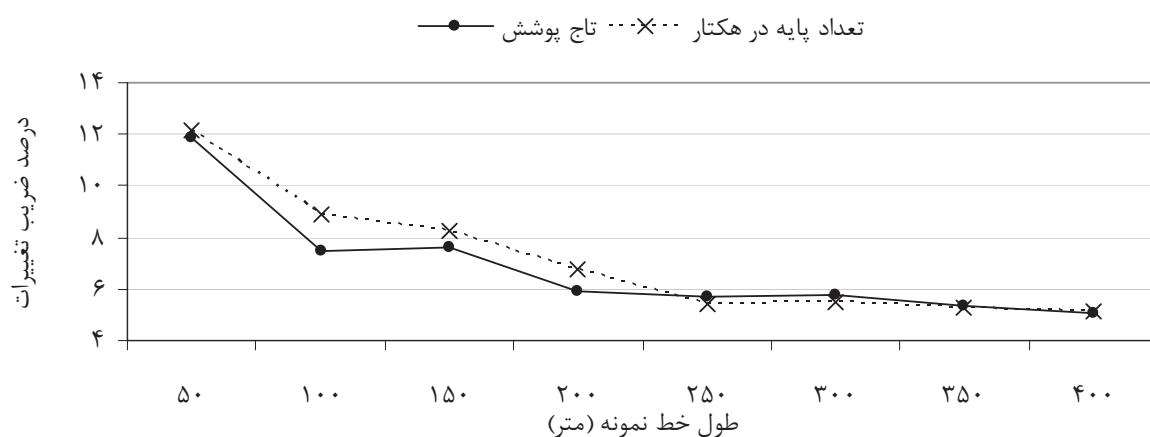
شکل ۳. درصد اریبی نسبی طول‌های گوناگون خط نمونه برای متغیرهای درصد تاج پوشش و تراکم جنگل

(در شکل علامت \*\* بر روی هریک از ستون‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اریبی با ۹۹ درصد اطمینان است)

### رابطه طول خط نمونه و اشتباه آماربرداری

برای هریک از طولهای گوناگون خط نمونه، درصد ضریب تغییرات برای هر دو متغیر محاسبه شده شامل درصد تاج پوشش و تعداد در هکتار در شکل ۴ ارائه شده است. در این شکل مطابق انتظار، با افزایش طول خط نمونه، تغییرات بین نمونه‌ها

کاهش می‌یابد. در مورد هر دو متغیر درصد تاج پوشش و تعداد پایه در هکتار، درصد تغییرات با افزایش طول خط نمونه بیش از ۲۰۰ متر تغییرات چشمگیری ندارد. بنابراین، به نظر می‌رسد که چنین طولی از خط نمونه برای جنگل‌هایی با شرایط مشابه مناسب است.



شکل ۴. رابطه درصد ضریب تغییرات تاج پوشش با افزایش طول خط نمونه

### نتایج و بحث

در این تحقیق، نمونه‌برداری با استفاده از روش خط نمونه از نظر صحت برآوردها بررسی شد. نتایج نشان داد که به‌طور کلی روش خط نمونه در برآورد پارامترهای کمی جنگل شامل تعداد پایه در هکتار و درصد تاج پوشش اریب است و برآورد آن همواره بیشتر از واقعیت است. این نتایج، با نتایج به‌دست‌آمده در بررسی این روش در جنگل‌های حفاظتی خلخال [۵] مشابه است. شایان ذکر است که مقدار اریبی کمتر از ۱۰ درصد است که ممکن است در اهداف کاربردی قابل اغماض باشد. منشأ ایجاد این اریبی ممکن است با یک یا چند مورد از موارد زیر مرتبط باشد که هریک به تفصیل بررسی خواهد شد.

(۱) اریبی ناشی از برآوردکننده

(۲) اریبی ناشی از الگوی پراکنش مکانی درختان

### اریبی ناشی از برآوردکننده

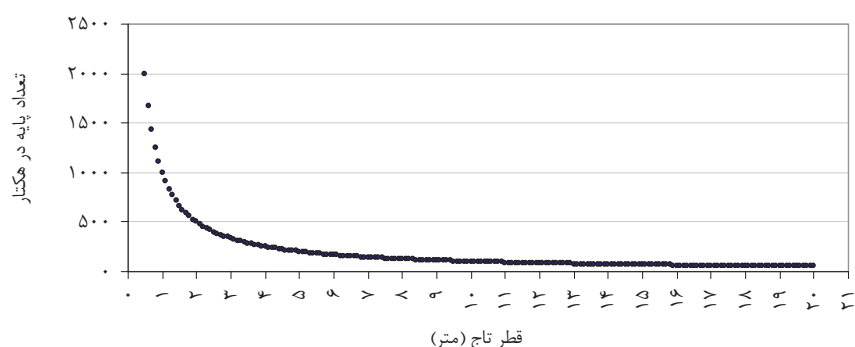
در مورد برآوردکننده اریب، بهتر است دوباره به فرمول‌ها مراجعه کنیم. در رابطه ۳، که برای برآورد تعداد پایه در هکتار ارائه شده، چون قطر تاج در معادله از نظر ریاضیاتی شامل تبدیل معکوس است، می‌توان انتظار داشت که مقادیر متفاوت قطر تاج، منجر به رقم‌های متغیر تعداد در هکتار شود که این تغییرات بالتبع غیرخطی است. برای نشان‌دادن مطلب، رابطه قطر تاج با تعداد در هکتار برای خط نمونه‌ای با طول ۳۰۰ متر در شکل ۵ آمده است. چنان‌که دیده می‌شود، شیب تغییرات تعداد در هکتار تا رسیدن درختان به قطر تاج ۳ متر چشمگیر است. همچنین، می‌توان دید که اعداد کوچک قطر تاج به تولید مقادیر بزرگ تعداد در هکتار منجر می‌شوند. پس نتیجه‌گیری می‌شود که در رابطه برآورد تعداد در هکتار،

شد، مقدار اریبی ناچیز به دست آمد؛ چون تعداد زیادی از درختان و درختچه‌های این جنگل را پایه‌های کم قطر تشکیل می‌دادند. در واقع، هرچه جنگل از شرایط طبیعی فاصله بگیرد و تعداد افراد کم قطر در جنگل از وضعیت عادی کمتر باشد، می‌توان انتظار داشت که برآورد تراکم پایه‌ها اریب‌تر باشد.

اما با بررسی رابطه برآورد درصد تاج پوشش

برآوردکننده غیرخطی بوده و این امر می‌تواند به تولید نتایج اریب بینجامد.

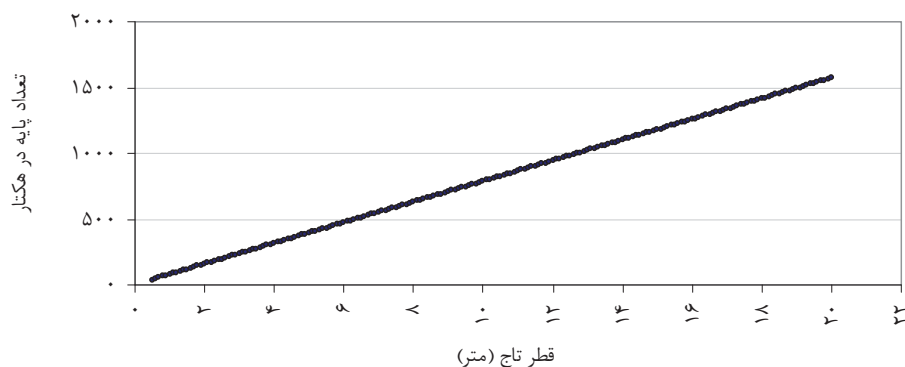
این مقدار اریبی با ساختار جنگل مرتبط است. در جنگل‌های طبیعی انتظار می‌رود که تعداد درختان و درختچه‌های کوچک بسیار بیشتر از درختان و درختچه‌های بزرگ باشد. در منطقه مورد مطالعه، به سبب اینکه تراکم پایه‌ها برای کل درختان و درختچه‌ها لحاظ



شکل ۵. تغییرات برآورد تعداد پایه در هکتار به ازای تغییرات قطر تاج برای خط نمونه‌ای با طول ۳۰۰ متر

در شکل به خوبی مشخص است که این تغییرات کاملاً خطی است. بنابراین، نتیجه‌گیری می‌شود که برخلاف برآوردکننده تعداد پایه در هکتار، برآوردکننده درصد تاج پوشش نمی‌تواند اریب باشد.

می‌توان دید که این برآوردکننده رابطه‌ای خطی با مقادیر گوناگون قطر تاج ایجاد می‌کند (رابطه ۲). به عبارت دیگر، تغییرات درصد تاج پوشش بازای تغییرات قطر تاج درختان به صورت خطی است. در شکل ۶ تغییرات درصد تاج پوشش بازای تغییرات قطر تاج برای یک خط نمونه با طول ۳۰۰ متر رسم شده است.



شکل ۶. تغییرات برآورد درصد تاج پوشش به ازای تغییرات قطر تاج برای خط نمونه‌ای با طول ۳۰۰ متر



### اریبی ناشی از الگوی پراکنش مکانی

نکته دیگری که ممکن است منشأ ایجاد اریبی باشد، نحوه توزیع مکانی پایه های چوبی در منطقه مورد مطالعه است. مسلم است که با تفاوت الگوی پراکنش (یکنواخت، کپه ای، یا تصادفی) توزیع احتمال برخورد درختان با خطوط نمونه تفاوت خواهد داشت و احتمالاً این تفاوت به میزان اختلاف توزیع واقعی پایه ها با توزیع تئوریک پیش فرض در روش خط نمونه بستگی داشته باشد. از طرف دیگر، ممکن است که در انبوهی های متفاوت پوشش جنگلی، نتایج برآورد با این روش متفاوت باشد. چون انبوهی خود بر الگوی پراکنش و میزان همپوشانی تاج درختان نیز تأثیرگذار است. در این مورد نیز لازم است تحقیقات بیشتری صورت گیرد.

### نتیجه گیری

بر اساس آنچه تاکنون ارائه شد، ملاحظه شد که نمونه برداری با روش خط نمونه بدون اندازه گیری فاصله بین درختان در منطقه بررسی شده در این تحقیق

به مقدار کمی اریب بود. به عبارتی، مقدار برآوردی با مقدار واقعی تفاوت داشت. در برآورد تعداد درخت در هکتار منشأ اریبی غیرخطی بودن برآوردکننده و دیگری ممکن است زاویه غیرتصادفی تاج درختان نسبت به خط نمونه باشد. اما در مورد درصد تاج پوشش اریبی برآوردکننده منتفی است؛ گرچه در این خصوص نیز ممکن است زاویه غیرتصادفی تاج درختان نسبت به خط یا همپوشانی های تاجی درختان و درختچه ها یا الگوی پراکنش و انبوهی جنگل علل اریبی برآورد باشند. لازم است این موارد با تحقیقات و با قطعیت بیشتری بررسی شوند.

در نهایت، باید گفت که اگرچه ممکن است روش خط نمونه برای برآورد مقادیر کمی متغیرهای جنگل اریب باشد، مقدار ناچیز اریبی در مقابل سرعت و سادگی اجرای این روش قابل اغماض است.

## References

- [1]. Gregoire, T.G., and Valentine, H.T. (2003). Line intersect sampling: Ell-shaped transects and multiple intersections. *Environmental and Ecological Statistics*, 10: 263-279.
- [2]. Zobeiri, M. 2007. *Forest Biometry*. University of Tehran Press, Tehran.
- [3]. Alijanpour, A., Zobeiri, M., Marvi Mohajer, M.R., and Zargham, Z. (2004). An investigation of the best statistic sampling method in forests of Aras-baran. *Iranian Journal of Natural Resources*. 56(4): 397-406.
- [4]. 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 in Sorkhedizeh of Kermanshah). *Iranian Journal of Natural Resources*, 56(4): 383-395.
- [5]. Noki, Y. (2008). Application of Transect sampling in Khalkhal protected forests. *Iranian Journal of Natural Resources*, 60(4): 1343-1355.
- [6]. Naghavi, H., Fallah, A., Jalilvand, H., and Soosani, J. (2009). Determination of the most appropriate transect length for estimation of quantitative characteristics in Zagros forests. *Iranian Journal of Forest*, 1(3): 229-238.
- [7]. Heidari, R.H., Zobeiri, M., Namiranian, M., and Sobhani, H. (2009). Comparison of circular plot and transect sampling methods in the Zagros Oak Forests (Case study: Educational and research forest of Razi University, Kermanshah province). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 17(3): 359-368.
- [8]. Keivan Behjo, F., Sobhani, H., and Zobeiri, M. (2007). Volume and weight assessment of residuals by Line Intersect Sampling (case study: Chafroud watershed). *Journal of the Iranian Natural Resources*, 60(1): 103-114.
- [9]. Warren, W.G., and Olsen, P.F., (1964). A line intersect technique for assessing logging waste. *Forest Science*, 10: 267-276.
- [10]. Bate, L.J., Torgersen, T.R., Garton, E.O., and Wisdom, M.J. (2002). Accuracy and efficiency of methods to sample logs for wildlife research and management, USDA Forest Service General Technical Report, PSW-GTR-181: 817-822.
- [11]. Corona, P., Chirici, G., and Travaglini, D. (2004). Forest ecotone survey by line intersect sampling. *Canadian Journal of Forest Research*, 34: 1776-1783.
- [12]. Matern, B., (1964). A method of estimating the total length of roads by means of a line survey. *Stuf Forest Suec*. 18:68-70.
- [13]. Jahanbazi Gojani, H., Ahmad Koorori, S., Talebi, M., and Khoshnevis, M. (1999). The ecophysiological study of *Juniperus polycarpus* in Chaharmahal and Bakhtiari Province. Final Report of Natural Resources Research Center of Chaharmahal and Bakhtiari.
- [14]. R Development Core Team. (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org> (6/07/2013).
- [15]. Kozak, A., Kozak, R.A., Staudhammer, C.L., and Watts, B.W. (2008). *Introductory Probability and Statistics: Application for Forestry and Natural Sciences*, CABI Press.