

## انواع روش‌های آماربرداری در جنگل

رضا اخوان\*

دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

\* رایانامه نویسنده مسئول: akhavan@rifr-ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۲

### چکیده

روش‌های مختلفی برای آماربرداری در جنگل وجود دارد که انتخاب آنها به هدف آماربرداری و شرایط خاص هر جنگل بستگی دارد. از سویی تقسیم‌بندی این روش‌ها و دانستن این که هر روشی زیر مجموعه کدام دسته از روش‌های آماربرداری است، اهمیت زیادی در انتخاب روش مناسب دارد. در این نوشتار سعی بر آن است تا یک تقسیم‌بندی مناسب و منطقی از روش‌های آماربرداری و نمونه‌برداری موجود در جنگل ارائه شود و مزایا و معایب هر روش و کاربردهای آنها متناسب با نوع جنگل و هدف آماربرداری تبیین گردد.

**واژه‌های کلیدی:** آماربرداری، روش‌های نمونه‌برداری، قطعه‌نمونه، جنگل.

## مقدمه

سطوح وسیع در کشورهای سوئد و برمه (جنگل‌های تیک) رواج داشت. اما در اوایل قرن بیستم با ورود علم آمار به جنگل‌داری، به تدریج استفاده از روش‌های آماربرداری علمی در جنگل آغاز گردید. در این زمان آماربرداری‌های ملی جنگل در کشورهای اسکانندیناوی و آمریکا اجرا شد (زبیری، ۱۳۸۱).

بروز تغییرات در روش‌های آماربرداری از جنگل، متأثر از ورود علوم آمار، ریاضی و سنجش از دور (عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، لیدار)، رایانه و ابزارهای اندازه‌گیری به علم جنگل‌داری بود. نمونه‌برداری آماری از جنگل با استفاده از قطعات نمونه (پلات سطح‌دار) شروع شد. اما تقریباً هم‌زمان روش‌های بدون پلات (خطی یا فاصله‌ای) نیز توسط اکولوژیست‌ها وارد آماربرداری جنگل شد (Kleinn, 2007).



شکل ۱- نمونه‌برداری در جنگل‌های راش هیرکانی

لازمه هر گونه مدیریت و برنامه‌ریزی در جنگل، کسب اطلاعات و آمار از عرصه‌های جنگلی است که این مهم با انجام آماربرداری جنگل قابل دستیابی است. اصولاً برای رسیدن به اطلاعات درست و بدون خطا باید از آماربرداری صددرصد استفاده شود. اما چون همیشه اجرای این روش آماربرداری به دلیل کمبود نیروی انسانی، بودجه و امکانات، زمان کافی و وسیع بودن عرصه‌های جنگلی امکان‌پذیر نیست، عموماً از روش‌های نمونه‌برداری در جنگل استفاده می‌شود (شکل ۱). در این نوشتار سعی بر این است تا ضمن یک معرفی اجمالی و تقسیم‌بندی کلی و جامع از انواع روش‌های آماربرداری موجود و مورد استفاده در جنگل، مزایا و معایب آنها نیز تا حد امکان تبیین شود تا راهنمای مفیدی برای متخصصین و دست‌اندرکاران علوم جنگل در انتخاب و به کارگیری این روش‌ها و شناخت صحیح از کاربردهای آنها در عرصه‌های جنگلی کشور باشد.

**تاریخچه آماربرداری جنگل در دنیا**

آماربرداری جنگل در اواخر قرن ۱۸ میلادی از اروپا و به‌ویژه از کشور آلمان شروع شد. در طول قرن ۱۹ میلادی، روش‌های آماربرداری نواری در

## تاریخچه آماربرداری جنگل در ایران

قراردادی با سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور نمونه‌برداری دومرحله‌ای را در سطح جنگل‌های هیرکانی شمال کشور از آستارا تا گلیداغی شروع کرد. در سال ۱۳۶۴، طرح جامع مقدماتی جنگل‌های شمال کشور به اجرا درآمد که در آن ۱۵۰۰۰ قطعه نمونه غیرثابت (موقت) ۱۰۰۰ مترمربعی بر اساس شبکه‌ای به ابعاد ۵۰۰۰×۲۵۰ متر اندازه‌گیری شد.

در سال ۱۳۷۵ در بازنگری طرح جامع مقدماتی جنگل‌های شمال کشور از شبکه نمونه‌برداری ۱۰۰۰×۵۰۰۰ متر استفاده شد که طی آن ۵۰۰۰ قطعه نمونه ثابت اندازه‌گیری شد. در سال ۱۳۸۴ دوباره از همان شبکه نمونه‌برداری ۱۰۰۰×۵۰۰۰ متر در جنگل‌های شمال کشور استفاده شد، با این تفاوت که این بار قطعات نمونه به‌صورت ثابت بوده و مراکز آنها به‌وسیله دستگاه GPS ثبت می‌گردید.

در سال ۱۳۹۵ در ششمین دوره آماربرداری سراسری از جنگل‌های شمال کشور، سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور قصد داشت با توجه به بودجه اختصاص یافته برای ششمین بار این آماربرداری را انجام دهد که تاکنون این پروژه به‌طور صددرصد اجرایی نشده است.

اولین نمونه‌برداری جنگل در ایران در سال ۱۳۳۲ شمسی به‌روش کاملاً تصادفی و به‌منظور برآورد موجودی حجمی جنگل‌های شمال کشور انجام شد. در سال ۱۳۳۸ پس از تصویب قانون جنگل‌ها و مراتع، اولین آماربرداری از جنگل‌های شمال کشور در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان به‌روش نواری و به‌منظور تهیه طرح‌های جنگلداری انجام شد. در همین سال یک گروه آمریکایی به سرپرستی آقای راجرز طرح آماربرداری سراسری از جنگل‌های شمال کشور را با استفاده از عکس‌های هوایی (آماربرداری دواشکوبه‌ای) ارائه کردند که به‌مدت چهار سال ادامه یافت.

اولین بار آماربرداری به‌روش منظم- تصادفی در جنگل، در سال ۱۳۴۲ توسط پروفسور هرمان اتر (کارشناس فائو) در جنگل‌های لاجیم مازندران با قطعات نمونه لوزی شکل نیم هکتاری در شبکه‌ای به ابعاد ۵۰۰×۵۰۰ متر اجرا گردید. پس از آن از سال ۱۳۴۷، آماربرداری از جنگل‌های شمال با استفاده از روش منظم- تصادفی و با قطعات نمونه دایره‌ای ۱۰۰۰ مترمربعی توصیه شد. در سال ۱۳۵۳ شرکت فنلاندی یاکوپری طی

معمول نمونه‌برداری انجام می‌شود.

**نمونه‌برداری دواشکوبه‌ای / مضاعف<sup>۲</sup>:** در نمونه‌برداری تک‌اشکوبه‌ای اندازه‌گیری نمونه‌ها فقط در یک اشکوب یعنی اشکوب زمینی انجام می‌شود. اما در نمونه‌برداری دواشکوبه‌ای اندازه‌گیری در دو اشکوب، یکی اشکوب زمینی و دیگری اشکوب هوایی (شامل عکس هوایی یا تصویر ماهواره‌ای) انجام می‌شود. این روش نیز مختص آماربرداری در مناطق وسیع است. در این روش تعدادی نمونه بر روی زمین اندازه‌گیری می‌شود. سپس مکان این نمونه‌ها بر روی عکس هوایی یا تصویر ماهواره‌ای نیز مشخص و دوباره اندازه‌گیری می‌شوند. در مرحله بعد، از رابطه رگرسیونی بین مشخصات اندازه‌گیری شده در قطعات نمونه زمینی و هوایی به‌منظور برآورد مشخصه‌های مورد نظر در نمونه‌های جدید فقط بر روی اشکوب هوایی استفاده می‌شود تا هزینه‌های آماربرداری کاهش یابد. در مجموع در یک تقسیم‌بندی کلی، آماربرداری یک‌مرحله‌ای یا دو‌مرحله‌ای و همچنین آماربرداری تک‌اشکوبه‌ای یا دواشکوبه‌ای را یا باید به‌صورت صددرصد انجام داد و یا به شکل نمونه‌ای (شکل ۲).

موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور از سال ۱۳۹۶ در راستای طرح‌های ملی پایش جنگل‌ها و مراتع کشور، آماربرداری سراسری از جنگل‌های هیرکانی شمال کشور را در دستور کار دارد که در حال اجراست.

### تقسیم‌بندی کلی روش‌های آماربرداری در جنگل

به‌طور کلی آماربرداری در جنگل را می‌توان به‌صورت یک‌مرحله‌ای (تک‌گامی) یا دو‌مرحله‌ای و همچنین به‌صورت تک‌اشکوبه‌ای یا دواشکوبه‌ای انجام داد (شکل ۲). در ادامه به تشریح مختصر هر یک از این روش‌ها پرداخته می‌شود:

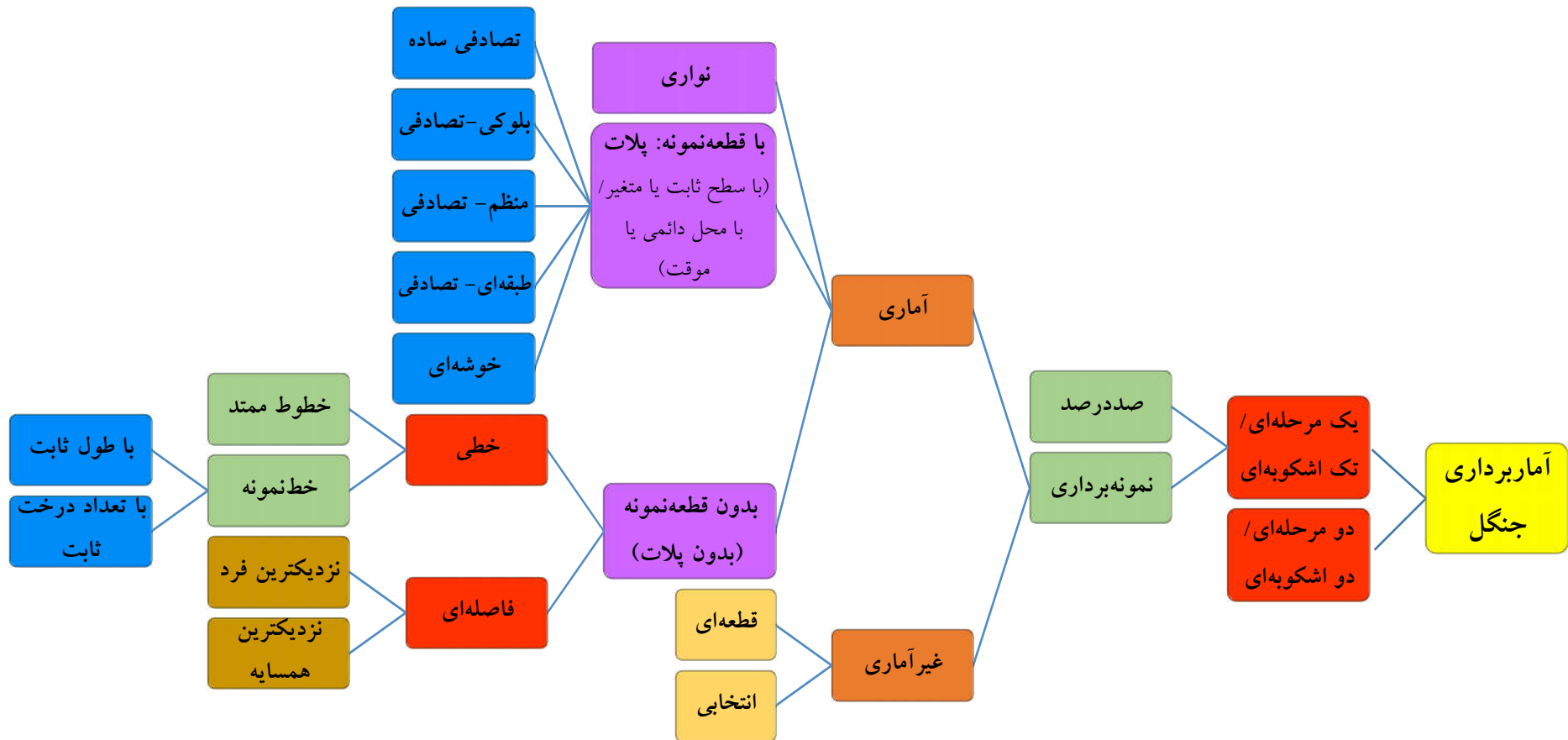
- **آماربرداری یک‌مرحله‌ای / تک‌گامی<sup>۱</sup>:** ویژگی این حالت این است که کل جامعه هدف در یک مرحله زیر پوشش آماربرداری قرار می‌گیرد. مانند آماربرداری صددرصد هیچ قسمتی حذف نمی‌شود.

- **نمونه‌برداری دو‌مرحله‌ای<sup>۲</sup>:** این روش مختص مناطق وسیع و شامل دو مرحله است. در مرحله اول جامعه هدف به قطعات یا بلوک‌هایی تقسیم می‌شود و تعدادی از آنها (معمولاً ۱۰ درصد) به‌صورت کاملاً تصادفی انتخاب می‌شوند. در مرحله دوم آماربرداری فقط در قطعات یا بلوک‌های انتخاب شده در مرحله اول به یکی از روش‌های

1- Single stage inventory

2- Two Stage sampling

3- Two Phase Sampling/ Double Sampling



شکل ۲- تقسیم‌بندی انواع روش‌های آماربرداری در جنگل

امکان‌پذیر نیست. در نتیجه معمولاً درصدی از جامعه هدف به‌صورت نمونه‌ای مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار می‌گیرد (زبیری، ۱۳۷۳).

در نمونه‌برداری آماری به‌دلیل این که بخشی از جامعه هدف بررسی شده و نتایج آن باید در انتهای کار به کل سطح جامعه تعمیم داده شود، لازم است که نمونه‌ها تصادفی و مستقل از هم باشند. به‌عبارت دیگر شخص اندازه‌گیر نباید هیچ‌گونه دخالتی در انتخاب محل نمونه داشته باشد (اصل تصادفی بودن نمونه‌ها) و همچنین انتخاب نمونه اول نباید تأثیری در انتخاب نمونه‌های بعدی داشته باشد (اصل مستقل بودن نمونه‌ها). اگر یکی از این دو اصل یاد شده رعایت نشود، نمونه‌برداری غیرآماري خواهد بود.

از مزایای نمونه‌برداری، سرعت عمل و عدم نیاز به شمارش و اندازه‌گیری تمام افراد جامعه هدف و استفاده از روابط آماری به‌منظور تعمیم نتایج به کل سطح جامعه هدف است. عیب اصلی انجام نمونه‌برداری این است که چون تمام افراد جامعه هدف بررسی نمی‌شوند، نتایج همیشه با درصدی از خطای آماری همراه است که میزان این خطا رابطه عکس با تعداد نمونه‌ای که از جامعه هدف برداشت می‌شود دارد. این خطا هم می‌تواند

- **آماربرداری صددرصد<sup>۱</sup>**: در آماربرداری صددرصد تمام گیاهان جامعه هدف که از اندازه مشخصی (حد شمارش<sup>۲</sup>: مانند قطر برابر سینه ۵ سانتی‌متر و بیشتر در درختان) که از ابتدا تعیین می‌شود عبور کرده باشند شمارش و اندازه‌گیری می‌شوند (شکل ۳). این روش آماربرداری روشی وقت‌گیر و هزینه‌بر است، چون باید تمام افراد جامعه هدف مورد بررسی قرار گیرند، اما خوبی آن این است که هیچ‌گونه اشتباه سیستماتیک در آن رخ نمی‌دهد و فقط ممکن است اشتباه شخص آماربردار/ اندازه‌گیر و ابزاری که برای اندازه‌گیری از آن استفاده می‌کند رخ دهد (نمیرانیان، ۱۳۸۵). در نتیجه در روش آماربرداری صددرصد میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات داده‌های متغیر موردنظر قابل محاسبه است، اما خطای آماری و اشتباه معیار وجود خارجی ندارد. از این روش آماری اغلب برای سطوح محدود و کوچک، گونه‌های با ارزش ژنتیکی زیاد و تحقیقات بنیادی مهم استفاده می‌شود.

- **آماربرداری به‌صورت نمونه‌ای یا نمونه‌برداری<sup>۳</sup>**: در اغلب موارد به‌دلیل محدودیت‌های مالی، پرسنلی و زمانی، اجرای آماربرداری صددرصد

1- Full census inventory/ Full callipering method/ 100% inventory  
2- Ingrowth  
3- Sampling

(شکل ۲). این روش نمونه‌برداری در مواردی به کار می‌رود که گونه موردنظر در همه جای جامعه هدف به‌طور یکسان حضور نداشته و به‌خاطر محدودیت‌های موجود مانند رقابت با گونه‌های دیگر یا نیازهای رویشگاهی خاص (شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا) در مناطق خاص و محدودی پراکنده شده باشد که با استفاده از روش‌های آماری تصادفی نتوان به اطلاعات آنها دست یافت. در این روش نمونه‌برداری با توجه به این که یک روش غیرآماری است، امکان تعمیم داده‌ها به سطح وجود نداشته و فقط می‌توان میانگین داده‌ها را در قطعات نمونه اندازه‌گیری شده بدون امکان اعلام خطای آماربرداری (دقت نمونه‌برداری) ارائه نمود. این روش نمونه‌برداری بیشتر برای گونه‌های نادر و در معرض خطر انقراض که پراکنش محدودی دارند استفاده می‌شود؛ مانند گونه‌های سرخدار<sup>۵</sup> و بارانک در جنگل‌های هیرکانی شمال کشور یا گونه محلب<sup>۶</sup> در جنگل‌های زاگرس در غرب کشور.

- نمونه‌برداری قطعه‌ای<sup>۷</sup>: این روش قبل از به‌وجود آمدن روش‌های آماربرداری از جنگل براساس اصول علم آمار رواج داشته است. در این

شامل بیش‌برآورد<sup>۱</sup> و هم کم‌برآورد<sup>۲</sup> از میانگین واقعی جامعه که فقط با اجرای آماربرداری صددرصد قابل دستیابی است، باشد. از میزان تفاوت میانگین برآوردی حاصل از نمونه‌برداری با میانگین واقعی جامعه تحت عنوان آریبی<sup>۳</sup> یاد می‌شود.



شکل ۳- اندازه‌گیری قطر برابر سینه درخت

### روش‌های نمونه‌برداری غیرآماری

- نمونه‌برداری انتخابی<sup>۴</sup>: در صورتی که در انتخاب محل نمونه‌ها اصل تصادفی بودن که از اصول اساسی علم آمار است رعایت نشود و شخص آماربردار خودش محل نمونه را تعیین نماید، نمونه‌برداری از حالت آماری خارج شده و تحت عنوان نمونه‌برداری انتخابی تقسیم‌بندی می‌شود

5- *Taxus baccata*  
6- *Prunus mahaleb*  
7- Fragment Sampling

1- Over estimate  
2- Under estimate  
3- Bias  
4- Selective Sampling

روش قطعه‌ای از جنگل که حالت متوسطی از نظر موجودی و شرایط نسبت به کل جنگل دارا بود، براساس تجربه و آشنایی جنگلبان به منطقه انتخاب و آماربرداری می‌شد. سپس نتایج آن به کل سطح جنگل تعمیم داده می‌شد.

نمونه‌برداری آماری با استفاده از قطعه نمونه<sup>۱</sup>: اصولاً نمونه‌برداری آماری با استفاده از قطعه نمونه را می‌توان به پنج روش اصلی اجرا کرد (شکل ۲):

- نمونه‌برداری تصادفی ساده<sup>۲</sup>: این روش ساده‌ترین و اصلی‌ترین روش نمونه‌برداری آماری در جنگل است که سایر روش‌های نمونه‌برداری (بلوکی-تصادفی، منظم-تصادفی، طبقه‌ای-تصادفی و خوشه‌ای) با ایجاد تغییراتی در جهت بهبود نتایج از این روش به‌وجود آمده‌اند. در این روش تعداد نمونه لازم محاسبه شده به‌صورت کاملاً تصادفی و بدون اعمال نظر شخص اندازه‌گیر در جامعه هدف پراکنده می‌شود (شکل ۴). از معایب این روش این است که ممکن است نمونه‌ها به‌خوبی در جامعه هدف پراکنده نشده و قسمت‌هایی از جامعه هدف بدون نمونه باقی بماند که اگر این قسمت‌ها وضعیت متفاوتی با سایر قسمت‌های جامعه هدف داشته باشند سبب افزایش خطای نمونه‌برداری خواهد شد.

- نمونه‌برداری بلوکی - تصادفی<sup>۳</sup>: این روش نمونه‌برداری پس از ارتقاء روش نمونه‌برداری تصادفی ساده و با بلوک‌بندی جامعه هدف قبل از اجرای نمونه‌برداری اصلی به‌وجود آمد. در این روش ابتدا جامعه هدف به بلوک‌ها یا بخش‌هایی با مساحت برابر یا نابرابر (بسته به نوع جامعه هدف) تقسیم می‌شود. در مرحله بعد در داخل بلوک‌های تعیین شده، نمونه‌برداری به‌روش تصادفی ساده با توجه به تعداد نمونه لازم انجام می‌گیرد (شکل ۴). مزیت این روش نمونه‌برداری نسبت به روش نمونه‌برداری تصادفی ساده این است که پراکنش نمونه‌ها در سطح جامعه هدف بهتر می‌شود و هیچ بلوکی بدون نمونه باقی نمی‌ماند. ضمناً خطای نمونه‌برداری در این روش نسبت به روش نمونه‌برداری تصادفی ساده اغلب کاهش می‌یابد. از این روش می‌توان به‌منظور آماربرداری در یک جنگل کاری با گونه‌های مختلف استفاده کرد.

- نمونه‌برداری منظم - تصادفی<sup>۴</sup>: در این روش نمونه‌برداری که به‌روش نمونه‌برداری سیستماتیک نیز معروف است، ابتدا بر اساس سطح جامعه هدف و تعداد نمونه لازم، شبکه‌ای منظم برای اجرای

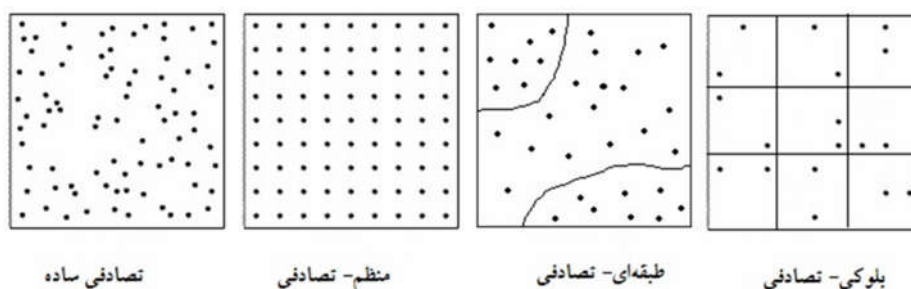
3- Block random sampling  
4- Systematic random sampling

1- Statistical sampling using sample plot  
2- Simple random sampling



نمونه‌برداری طراحی می‌شود که به صورت کاملاً تصادفی بر روی نقشه جامعه هدف قرار می‌گیرد. سپس در محل تقاطع اضلاع این شبکه، قطعات نمونه (پلات‌ها) پیاده می‌شوند، به طوری که مرکز قطعه نمونه با محل تقاطع اضلاع شبکه منطبق باشد (شکل ۴). برتری این روش نسبت به دو روش قبلی پراکنش کاملاً متناسب و یکنواخت نمونه‌ها در سطح جامعه هدف است، به طوری که هیچ

منطقه‌ای از جامعه هدف بدون نمونه نخواهد بود. با توجه به منظم بودن پراکنش نمونه در سطح جامعه هدف، اجرای این روش نمونه‌برداری نسبت به سایر روش‌ها ساده‌تر است. این روش در حقیقت یک روش نمونه‌برداری منظم با نقطه شروع تصادفی است تا اصل تصادفی بودن انتخاب نمونه‌ها در آماربرداری رعایت شده باشد.



شکل ۴- توزیع قطعات نمونه به روش‌های مختلف تصادفی

- نمونه‌برداری طبقه‌ای-تصادفی / نمونه‌برداری با تیپ‌بندی / روش مونه‌بندی / روش استراتیگیکاسیون<sup>۱</sup>: در این روش نمونه‌برداری ابتدا جامعه هدف بر اساس یک یا تعدادی از مشخصات خود به طبقات یا مونه‌هایی تقسیم می‌شود. سپس نمونه‌برداری در داخل طبقات تعیین شده به روش تصادفی ساده یا منظم-تصادفی بر اساس تعداد نمونه محاسبه شده اجرا می‌شود (شکل ۴).

مونه‌بندی یا طبقه‌بندی جامعه هدف می‌تواند بر اساس شیب، جهت، ارتفاع از سطح دریا یا مجموع این سه عامل (ایجاد واحدهای همگن) و یا بر اساس تراکم و موجودی تیپ‌ها یا جوامع گیاهی موجود باشد. همچنین می‌توان این تیپ‌بندی را با استفاده از عکس‌های هوایی جدید یا تصاویر ماهواره‌ای به‌روز انجام داد. برتری این روش نسبت به روش‌های قبلی افزایش دقت نمونه‌برداری / کاهش خطای آماربرداری به دلیل طبقه‌بندی عرصه

1- Stratified random sampling

مانند روش منظم-تصادفی استفاده می‌شود، به‌طوری که مرکز نمونه اصلی خوشه در محل تقاطع اضلاع شبکه نمونه‌برداری قرار گرفته و سایر نمونه‌ها با فواصل مشخص و یکسان در چهار طرف نمونه مرکزی پیاده می‌شوند تا یک نمونه خوشه‌ای تشکیل شود.



شکل ۵- یک نمونه خوشه‌ای به شکل صلیب

نمونه‌برداری با استفاده از قطعه نمونه با مساحت ثابت<sup>۲</sup> یا متغیر<sup>۳</sup>: نمونه‌برداری را می‌توان با قطعات نمونه با مساحت ثابت یا متغیر انجام داد. در نمونه‌برداری با قطعات نمونه با مساحت ثابت، سطح تمام قطعات نمونه یا پلات‌هایی که در جامعه هدف پیاده می‌شوند برابر است و در نقاط مختلف جنگل با خصوصیات متفاوت تغییر نخواهند کرد. در نتیجه ممکن است در اجرا، برخی از قطعات نمونه خالی از درخت یا خیلی پُردرخت باشند. اما در نمونه‌برداری با قطعات نمونه با مساحت متغیر، سطح قطعات نمونه در نقاط مختلف جنگل بر اساس تراکم (تعداد در هکتار) جنگل تفاوت خواهد کرد،

قبل از اجرای نمونه‌برداری است که سبب حذف واریانس بین طبقات می‌شود. همچنین در اختیار داشتن اطلاعات تفکیکی تیپ‌ها یا طبقات مختلف پس از اتمام نمونه‌برداری از دیگر مزایای این روش نمونه‌برداری است.

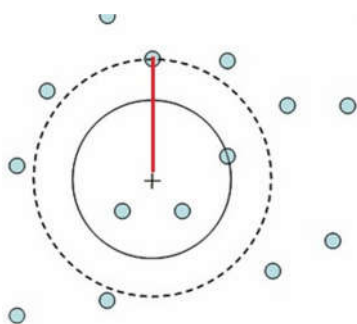
- نمونه‌برداری خوشه‌ای<sup>۱</sup>: تفاوت این روش نمونه‌برداری با روش‌های قبلی در این است که در این روش، یک نمونه از چندین نمونه کوچکتر که به شکل خوشه (مانند شکل صلیب) در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند تشکیل شده است (شکل ۵).

معمولاً در آماربرداری در مناطق وسیع و یا آماربرداری‌های سراسری از این روش نمونه‌برداری استفاده می‌شود. چون در مناطق وسیع معمولاً فاصله بین مرکز نمونه‌ها کیلومتری است و وقت و هزینه زیادی صرف می‌شود تا گروه آماربردار از محل یک نمونه به محل نمونه بعدی منتقل شود، در نتیجه در چنین مواردی به‌منظور سرشکن کردن هزینه‌ها به‌جای اندازه‌گیری یک نمونه معمولاً سه تا پنج نمونه متمرکز به شکل خوشه و به فواصل ۵۰ تا ۱۰۰ متر از یکدیگر برداشت می‌شوند که در مجموع حکم یک نمونه مرکب را دارند. در این روش نیز اغلب از شبکه‌ای منظم

2- Fixed area  
3- Variable area

1- Cluster sampling

- نمونه‌برداری به روش  $k$  درختی: در این روش ابتدا مقدار  $k$  مشخص می‌شود. سپس براساس فاصله  $k$  امین درخت نزدیک به مرکز نمونه، مساحت قطعه نمونه مشخص می‌گردد (شکل ۷). به‌عنوان مثال روش ۶ درختی پرودان که در آن فاصله ششمین درخت نزدیک تا مرکز قطعه نمونه (پلات) شعاع قطعه نمونه را تعیین می‌کند، یک روش  $k$  درختی است. این روش نمونه‌برداری را می‌توان هم در جنگل‌های تنک و هم انبوه به‌کار برد (Kleinn, 2007).



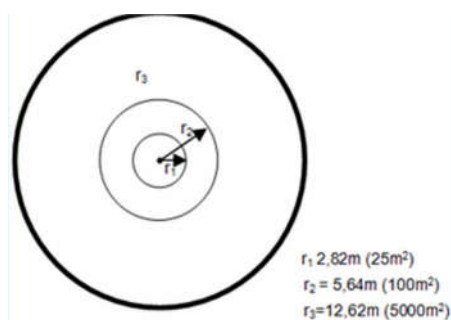
شکل ۷- نمونه‌برداری به روش  $k = 4$  درختی که در آن فاصله چهارمین دورترین درخت تا مرکز قطعه نمونه تعیین کننده شعاع قطعه نمونه است

- روش احتمال انتخاب به نسبت اندازه<sup>۲</sup>: این روش نمونه‌برداری معمولاً با استفاده از دستگاه رلاسکوپ یا پریسم (منشور) انجام می‌شود. در این روش احتمال انتخاب شدن درختان برای اندازه‌گیری به نسبت اندازه یا بزرگی آنها است

به‌طوری که در مناطق متراکم سطح قطعه نمونه کوچکتر و در نقاط متراکم سطح قطعه نمونه بزرگتر خواهد بود تا با هدف کاهش هزینه‌های نمونه‌برداری هم تعداد درخت کافی در داخل هر قطعه نمونه قرار گیرد و هم هیچ قطعه نمونه‌ای خالی از درخت نباشد.

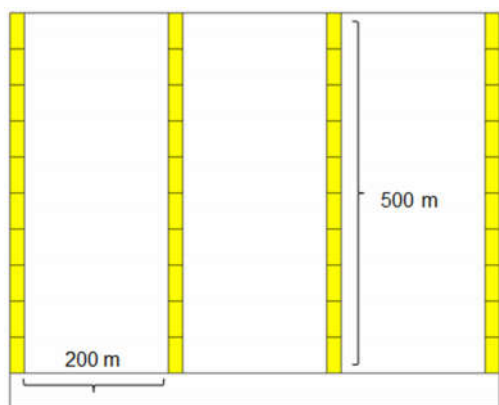
انواع نمونه‌برداری با قطعه نمونه با مساحت متغیر

- قطعات نمونه تودرتو<sup>۱</sup>: در این روش دو یا سه قطعه نمونه با مرکز یکسان اما با سطح متفاوت پیاده می‌شود که در داخل هر کدام فقط درختانی تا قطر یا ابعاد مشخص اندازه‌گیری می‌شوند. لازم به ذکر است که این دو یا سه دایره یا مربع مستطیل با مرکز واحد در حکم یک قطعه نمونه مرکب هستند (شکل ۶). این شکل قطعه نمونه مناسب نمونه‌برداری در جنگل‌های ناهمسال و با واریانس قطری زیاد است.



شکل ۶- قطعات نمونه دایره‌ای تودرتو

نسبت به قطعات نمونه موقت بیشتر است. نمونه‌برداری نواری<sup>۴</sup>: در این روش نمونه‌برداری جامعه هدف به نوارهایی با عرض مشخص و یکسان که با فاصله مساوی و موازی نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند تقسیم می‌شود. سپس نمونه‌برداری در داخل این نوارها صورت می‌گیرد (فاصله بین نوارها آماربرداری نمی‌شود). در نهایت بر اساس درصد پوشش نوارها نسبت به کل عرصه، نتایج بدست آمده به سطح تعمیم داده می‌شود (شکل ۸).



شکل ۸- نمونه‌برداری به روش نواری

- نمونه‌برداری بدون استفاده از قطعه نمونه<sup>۵</sup>: در این گروه از روش‌های نمونه‌برداری بر خلاف روش‌های قبلی، هیچ‌گونه قطعه نمونه یا پلات دارای سطح برای پیاده کردن در عرصه وجود ندارد. معیار انتخاب درختان نمونه در این روش و اندازه‌گیری مشخصات آنها (مانند قطر برابر سینه،

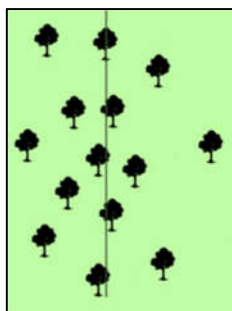
مثلاً قطر برابر سینه). به این صورت است که هر چه درخت قطورتر بوده یا سطح مقطع بزرگتری داشته باشد، اندازه‌گیری آن در دایره‌ای با شعاع بیشتر (دورتر از مرکز نمونه) انجام می‌شود و برعکس. این روش نمونه‌برداری مناسب جنگل‌های ناهمسال و بدون زیراشکوب می‌باشد.

- نمونه‌برداری با استفاده از قطعات نمونه دائمی<sup>۱</sup> یا موقت<sup>۲</sup>: نمونه‌برداری در جنگل را می‌توان با پیاده کردن قطعات نمونه با محل ثابت یا دائمی و یا با قطعات نمونه با مکان موقت انجام داد. در روش اول مختصات و محل مرکز هر قطعه نمونه ثبت می‌شود تا در نمونه‌برداری‌های بعدی دوباره در همان محل مجدداً اندازه‌گیری صورت گیرد. از این قطعات نمونه معمولاً در طرح‌های پایش<sup>۳</sup> جنگل به منظور بررسی تغییرات موجودی جنگل و اندازه‌گیری رویش جنگل به صورت مستقیم استفاده می‌شود. اما در نمونه‌برداری با قطعات نمونه موقت، مکان قطعات نمونه ثبت و مشخص نمی‌شود و این قطعات نمونه فقط یک بار مورد استفاده قرار می‌گیرند. واضح است که اندازه‌گیری تغییرات موجودی و رویش جنگل با استفاده از قطعات نمونه دائمی دقیق‌تر خواهد بود، اما هزینه اجرای آن

4- Line Transect sampling/ Strip sampling  
5- Plotless sampling

1- Permanent  
2- Temporary  
3- Monitoring

- خطوط ممتد: در این روش با توجه به وضعیت توپوگرافی جامعه هدف، چندین خط ممتد به موازات هم و با فواصل مساوی نسبت به یکدیگر بر روی زمین جنگل پیاده می‌شوند، به طوری که ابتدا و انتهای این خط‌ها به مرزهای بالا و پایین جامعه هدف ختم شود. معمولاً این خط‌ها در جهت شیب غالب منطقه قرار می‌گیرند. کلیه درختان و گیاهانی که تنه یا تصویر تاج آنها این خط را قطع کند جزء نمونه بوده و مشخصات آنها (مانند قطر برابر سینه، ارتفاع، قطر تاج) اندازه‌گیری می‌شوند.



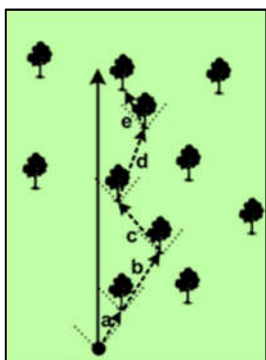
شکل ۹- نمونه‌برداری به روش خطی (هر درختی که تنه یا تصویر تاج آن با خط سبز برخورد کند جزء نمونه است)

- خط‌نمونه: در این روش ابتدا یک شبکه نمونه‌برداری منظم (همانند شبکه روش منظم-تصادفی) طراحی می‌شود. سپس در محل تقاطع اضلاع این شبکه به‌جای پیاده کردن یک پلات سطح‌دار، یک خط در یکی از چهار جهت اصلی جغرافیایی بر روی زمین جنگل پیاده می‌شود که به آن خط نمونه می‌گویند. حال این خط نمونه

ارتفاع، قطر تاج) یا یک خط بدون عرض (Line) است که بر روی زمین قرار می‌گیرد یا فاصله افقی بین درختان نزدیک به هم می‌باشد. در کلیه روش‌های نمونه‌برداری بدون پلات، اندازه‌گیری فاصله افقی بین جفت درختان و محاسبه میانگین این فاصله به منظور تبدیل موجودی محاسبه شده به هکتار ضروریست. این روش‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند (شکل ۲):

- نمونه‌برداری به روش خطی<sup>۱</sup>: در این روش یک خط بدون عرض که بر روی زمین قرار می‌گیرد مبنای انتخاب درختان نمونه است، به طوری که هر درختی که تنه یا تصویر تاج آن این خط را قطع کند جزء نمونه می‌باشد (شکل ۹). این روش بیشتر مناسب جنگل‌های تنک با تاج پوشش کم (مانند جنگل‌های زاگرس) است و برای جنگل‌های متراکم با درختان بلند قامت (جنگل‌های هیرکانی) مناسب نیست. امروزه در اجرا به اشتباه از این روش تحت عنوان روش ترانسکت و یا ترانسکت خطی یاد می‌شود، در حالی که ترانسکت همیشه واجد عرض است (مانند یک نوار). بنابراین استفاده از اصطلاح ترانسکت برای این روش صحیح نیست. این روش نمونه‌برداری را می‌توان به دو صورت اجرا کرد.

(که به‌عنوان مرکز نمونه در نظر گرفته می‌شود) به‌عنوان درخت نمونه انتخاب و مشخصات زیست‌سنجی آن مانند قطر یا ارتفاع اندازه‌گیری می‌شود. در این دسته از روش‌ها نیز اندازه‌گیری فاصله افقی بین نقطه شروع نمونه‌برداری تا نزدیکترین درخت و یا فاصله بین نزدیکترین درخت اول تا دومین نزدیکترین درخت و محاسبه میانگین این فاصله‌ها به‌منظور تبدیل موجودی محاسبه شده به هکتار ضروری است. سرعت اجرای روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای در جنگل معمولاً بیشتر از روش‌های مبتنی بر پیاده کردن پلات سطح‌دار است، اما خطای نمونه‌برداری آنها اغلب بیشتر است. با این وجود به‌دلیل سهولت و سرعت اجرا، همچنان در نمونه‌برداری در جنگل از آنها استفاده می‌شود (شکل ۱۰). این دسته از روش‌های نمونه‌برداری را می‌توان هم در جنگل‌های تنک و هم در جنگل‌های انبوه به‌کار برد.



شکل ۱۰- نمونه‌برداری به روش فاصله‌ای

می‌تواند در تمام نقاط تقاطع اضلاع شبکه با طول ثابت باشد (معمولاً بین ۳۰ تا ۱۰۰ متر بسته به تراکم جنگل) و یا با تعداد درخت ثابت باشد (مثلاً ۷ درخت) ولی با طول متفاوت. مزیت خط نمونه با تعداد درخت ثابت نسبت به خط نمونه با طول ثابت این است که هیچ‌گاه خط نمونه خالی از درخت یا خیلی پُر درخت وجود نخواهد داشت. در این روش نیز کلیه درختان و گیاهانی که تنه یا تصویر تاج آنها خط نمونه را قطع کند، جزء نمونه بوده و مشخصات آنها (مانند قطر برابر سینه، ارتفاع، قطر تاج) اندازه‌گیری می‌شوند.

- نمونه‌برداری به روش‌های فاصله‌ای<sup>۱</sup>: در روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای برخلاف روش‌های خطی، برخورد تنه یا تصویر تاج درخت با خط نمونه‌برداری مبنای انتخاب درخت نمونه نیست، بلکه فقط فاصله افقی بین تنه درختان نزدیکتر به هم ملاک انتخاب درخت نمونه و اندازه‌گیری مشخصات آن (مانند قطر برابر سینه، ارتفاع، قطر تاج) است. در این روش‌ها معمولاً ابتدا یک شبکه نمونه‌برداری منظم (همانند شبکه روش منظم-تصادفی) طراحی می‌شود. سپس نزدیکترین درخت بر اساس فاصله افقی به محل تقاطع اضلاع شبکه

نمونه‌برداری موجود در جنگل، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور از سال ۱۳۹۶ در راستای طرح‌های ملی پایش جنگل‌ها و مراتع کشور، آماربرداری سراسری از جنگل‌های هیرکانی شمال کشور را با روش نمونه‌برداری دومرحله‌ای و قطعات نمونه ثابت در دستور کار قرار داده که هم اکنون در حال اجراست. در این پروژه ملی ابتدا ۴۴ حوضه آبخیز از مجموع ۱۰۳ حوضه آبخیز جنگل‌های شمال کشور بر اساس روش نمونه‌برداری دومرحله‌ای به صورت تصادفی انتخاب و سپس در داخل آنها نمونه‌برداری به روش منظم-تصادفی انجام می‌شود (شکل ۱۱). در مرحله اول به منظور پراکنش متناسب‌تر حوضه‌ها از روش طبقه‌ای-تصادفی نیز استفاده شد تا از همه تیپ‌های جنگلی، ارتفاعات مختلف از سطح دریا، توده‌های شاهد و بهره‌برداری شده، ذخیره‌گاه، جنگل‌کاری و ... در حوضه‌های انتخابی و قطعات نمونه حضور داشته باشند. در مرحله دوم در داخل حوضه‌های منتخب به صورت متمرکز در داخل ۱ تا ۳ پارسل، نمونه‌برداری براساس شبکه ۱۵۰×۲۰۰ متر با استفاده از قطعات نمونه ثابت دایره‌ای ۱۰۰۰ مترمربعی به منظور اندازه‌گیری حداقل ۳۰ قطعه نمونه ثابت انجام می‌شود. در این پروژه ملی قرار

نمونه‌برداری به روش‌های فاصله‌ای را به دو دسته کلی می‌توان تقسیم‌بندی کرد (شکل ۲):

- نمونه‌برداری به روش نزدیکترین فرد<sup>۱</sup>: روش‌هایی هستند که در محاسبه تراکم جنگل، مبتنی بر فاصله افقی بین نقطه شروع نمونه‌برداری (مرکز نمونه) تا اولین نزدیکترین درخت<sup>۲</sup> می‌باشند.

- نمونه‌برداری به روش نزدیکترین همسایه<sup>۳</sup>: روش‌هایی هستند که در محاسبه تراکم جنگل، مبتنی بر فاصله افقی بین نزدیکترین فرد تا نزدیکترین درخت همسایه نسبت به آن<sup>۴</sup> می‌باشند.

تفاوت دو روش بالا در این است که در روش اول فاصله افقی نقطه شروع نمونه‌برداری تا اولین فرد نزدیک به آن اندازه‌گیری و در محاسبات تراکم جنگل به کار می‌رود، اما در روش دوم این فاصله مبنای محاسبه نبوده و فقط فاصله افقی اولین فرد نزدیک به نقطه شروع نمونه‌برداری تا نزدیکترین همسایه‌اش مبنای محاسبه است. البته برخی از روش‌های نمونه‌برداری فاصله‌ای ترکیبی از دو حالت بالاست مانند روش مربع T<sup>۵</sup>.

### گزارش یک طرح ملی آماربرداری در دست اجرا

با بررسی و مطالعه روش‌های آماربرداری و

1- Nearest Individual  
2- Point to Tree distance  
3- Nearest Neighbor  
4- Tree to Tree distance  
5- T- Square

می‌شود در انتخاب آنها به موارد زیر توجه شود:

- هدف از آماربرداری
- متغیرهای هدف (قطر، ارتفاع، سطح تاج و ...)
- نوع جامعه هدف (همسال، ناهمسال، آمیخته، خالص و ...)

- دقت یا خطای آماربرداری مورد انتظار

- بودجه آماربرداری
- سطحی که نتایج آماربرداری باید به آن تعمیم داده شود (پارسل، سری، حوضه، ناحیه و ...)
- نیروی انسانی و امکانات موجود

است تا تعداد ۱۳۲۰ قطعه نمونه ثابت در فاز اول در جنگل‌های هیرکانی اندازه‌گیری شده و همچنین در دوره‌های زمانی ده ساله به‌طور منظم مجدداً بررسی شوند تا رویش و موجودی این جنگل‌ها به صورت دائمی پایش شود.

### توصیه ترویجی

همان‌طور که مشاهده شد روش‌های آماربرداری و نمونه‌برداری مختلف و متفاوتی برای استفاده در جنگل‌های نواحی مختلف رویشی و یا در یک ناحیه رویشی بر اساس نوع جنگل، تراکم و یا نوع گونه و پراکنش آن وجود دارد. لذا توصیه



شکل ۱۱- حوضه‌های آبخیز انتخاب شده برای اجرای روش آماربرداری دو مرحله‌ای در کل جنگل‌های هیرکانی شمال کشور

### منابع

- زیبیری، م.، ۱۳۷۳. آماربرداری در جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۱ ص.
- زیبیری، م.، ۱۳۸۱. زیست‌سنجی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۱۱ ص.
- نمیرانیان، م.، ۱۳۸۵. اندازه‌گیری درخت و زیست‌سنجی جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، ۵۷۴ ص.
- Kleinn, C., 2007. Forest Inventory. Lecture note for the teaching module. Department of Forest Inventory and Remote Sensing. Faculty of Forest Science and Forest Ecology, Georg-August-Universität, Göttingen, Germany. 164 p.