بهينه‌سازي روش نمونه‌برداري شش درختي پرودان

آرزو سلطاني*[۱]، محمود زبيري[۲] و منوچهر نميرانيان[۳]
[۱] دانشجوي دكتري، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[۲] استاد گروه جنگلداري و اقتصاد جنگل، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
[۳] دانشيار گروه جنگلداري و اقتصاد جنگل، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۴/۷/۲۵، تاريخ تصويب: ۸۶/۲/۳۱)

چكيده

بهره‌برداري، حفاظت و حمايت از منابع طبيعي و بويژه جنگل نيازمند برنامه‌ريزي است. برنامه‌ريزي اصولي نياز بـه اطلاعـات كمي و كيفي از وضعيت جنگل دارد و دستيابي به اين اطلاعات با آماربرداري از جنگل ميسر مي‌شود. در اين پژوهش به منظور بهينه‌سازي روش نمونه‌برداري شش درختي، از داده‌هاي طرح پژوهشي تعيين مناسب‌ترين روش آماربرداري بـراي جنگـل‌هـاي طبيعي شمال ايران استفاده شد (زبيري، ۱۳۵۵). اين داده‌ها مربوط به منطقه‌اي بـه مسـاحت ۶۰ هكتـار در بخـش پـاتم جنگـل آموزشي و پژوهشي خيرودكنار مي‌باشد. سه فرضيه بر روي اين داده‌ها مورد بررسي قرار گرفت، اول شعاع قطعه نمونه، فاصـله مركز قطعه نمونه تا درخت nام به متر به اضافه نصف قطر درخت nام به متر(كه همـان روش پيشـنهادي پـرودان اسـت)، دوم شعاع قطعه نمونه، فاصله مركز قطعه نمونه تا درخت nام به متر به اضافه تمام قطر درخت nام به متر و سوم، شعاع قطعه نمونه، فاصله مركز قطعه نمونه تا درخت nام به متر به اضافه تمام قطر درخت nام به متر و همچنين نصـف فاصـله بـين درخـت nام وn+1ام به متر باشد. پس از محاسبه سطح برش برابر سينه در هكتار و تعداد درهكتار براي هر قطعه نمونه (۲۴۰ قطعه نمونـه) اين دو مشخصه براي كل جنگل با استفاده از ميانگين‌هاي وزني، حسابي واصلاح شده با عامل تصـحيح اريـب $\frac{n-1}{n}$ بدسـت آمد. اين نتايج با نتيجه بدست آمده از آماربرداري صددرصد مورد مقايسه و آزمون قرار گرفت. نتـايج نشـان داد كـه اسـتفاده از ميانگين‌هاي وزني و فرضيه دوم براي برآورد سطح برش برابر سينه در هكتار و ميانگين‌هاي اصلاح شده و فرضـيه سـوم بـراي برآورد تعداد در هكتار مناسب تر است.

واژه‌هاي كليدي: نمونه‌برداري شش درختي، سطح برش برابر سينه در هكتار، تراكم، ميانگين اصلاح شـده، عامـل تصـحيح اريب

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۲۶۱-۲۲۴۹۳۱۲ فاكس: ۰۲۶۱-۲۲۴۹۳۱۲ Email: soltani_arezoo@yhoo.com

مقدمه

در گذشته از آماربرداري جنگل فقط به منظور تهيه طرح‌هاي جنگلداري و براي تعيين ميزان رويش و برداشت استفاده مي‌شد، اما امروزه با تنوع اهداف در مديريت جنگل، نقش آماربرداري به عنوان ابزاري ارزشمند در خدمت مديريت جنگل، پررنگ تر و برجسته تر شده است. هنگام برآورد مشخصه‌هاي يک جامعه با استفاده از نمونه‌برداري، بيشترين اميدواري و تمايل در اين است که بتوان با کمترين هزينه، برآوردي صحيح (نزديک به حقيقت) به دست آورد. اما برآوردها ممکن است بالاتر، برخي پايين تر، تعدادي به‌نسبت نزديک و پاره‌اي ديگر بسيار دور از مقدار واقعي باشند که آن را اريبي مي‌نامند. اريبي يك انحراف سيستماتيک است که ممکن است در اثر اشتباه شخص اندازه گير، نقص وسايل اندازه گيري در هنگام نمونه‌برداري و يا در اثر نقص روش‌هاي برآورد مشخصه‌ها به وجود آيد (حسين زاده،۱۳۶۶).

يكي از روش‌هاي نمونه‌برداري در جنگل، نمونه‌برداري شش درختي مي‌باشد که جزء روش‌هاي نمونه‌برداري با قطعه نمونه با مساحت متغير است. اين روش شامل اندازه گيري مشخصه‌هاي n درخت نزديك به مرکز قطعه نمونه مي‌شود. تعداد درخت در هر قطعه نمونه ثابت است اما مساحت قطعه‌هاي نمونه با هم برابر نبوده و بستگي به تراکم جنگل و الگوي پراکنش مکاني درختان دارد. در جنگل‌هاي انبوه‌اين مساحت کم (هزينه آماربرداري پائين) و برعکس در جنگل‌هاي تنك اين مساحت بيشتر مي‌باشد (زبيري،۱۳۸۱).

Prodan (۱۹۶۸)، در آلمان روش نمونه‌برداري شش درختي را پيشنهاد کرد(زبيري،۱۳۸۱).

Ko، Thiry ، Pelz و Ehrenspiel (۱۹۶۹)، دريک توده جنگلي در آلمان نمونه‌برداري شش درختي را اجرا کردند. برآوردهاي بدست آمده (سطح برش برابر سينه در هکتار و تعداد در هکتار) کمتر از ميزان به‌دست آمده از آماربرداري صددرصد بود (زبيري،۱۳۸۱).

زبيري (۱۹۷۸) در شمال ايران در جنگل آموزشي و پژوهشي خيرودکنار نوشهر روش نمونه‌برداري چند درختي را اجرا کرد. نتايج حاصل از اين روش نمونه‌برداري همواره کمتر از مقدار بدست آمده از آماربرداري صددرصد بوده است.

Payandeh و Ek (۱۹۸۶)، نمونه‌برداري چند درختي را با استفاده از دو تخمينگر(تخمينگر با استفاده از عامل تصحيح اريب $\frac{n-1}{n}$ و تخمينگر Prodan) بررسي و چنين نتيجه گرفتند که استفاده از تخمينگر با عامل تصحيح اريب $\frac{n-1}{n}$ (n = تعداد درخت در قطعه نمونه) در بيشتر جنگلکاري‌هاي بررسي شده در شبيه سازي‌هاي اين پژوهش و توده‌هايي با الگوهاي پراکنش مکاني يکنواخت، مناسب بود. روش Prodan براي توده‌هايي با توزيع مکاني تصادفي برآوردهاي خوبي نشان داده است، در حالي‌که براي توده‌هايي با ساير توزيع‌هاي مکاني (خوشه‌اي و يکنواخت)، کمتر از ميزان واقعي برآورد مي‌کند.

Lessard و همکاران (۱۹۹۵) روش نمونه برداي چند درختي را با روش نمونه‌برداري با قطعه‌هاي نمونه با مساحت ثابت و نمونه‌برداري نقطه‌اي براي برآورد سطح برش برابر سينه در ايکر در آماربرداري جنگل از راه شبيه‌سازي در چهار توده جنگلي در چهار نوع جنگل مختلف مورد بررسي و بررسي قرار دادند. مقايسه درصد تفاوت بين سطح برش برابر سينه برآورد شده در نمونه‌برداري چند درختي، نسبت به مقدار واقعي، اريبي بالاتري را نسبت به نمونه‌برداري نقطه‌اي و نمونه‌برداري با قطعه نمونه با مساحت ثابت نشان داد. همچنين نتيجه ديگري که به دست آمد اين بود که به‌طور معمول برآوردهاي سطح برش برابر سينه در واحد سطح در نمونه‌برداري چند درختي، در توده‌هايي با الگوي مکاني تصادفي و خوشه‌اي حدود ۲ تا ۱۰ درصد و در جنگلکاري با الگوي مکاني يکنواخت حدود ۴/۵ درصد کمتر از ميانگين واقعي مي‌باشد.

Lynch و Rusydi (۱۹۹۹) نمونه‌برداري فاصله‌اي را در جنگلکاريهاي گونه تيک *(Tectonia grandis)* در اندونزي براي مقايسه اريبي و کارايي برآوردهاي تراکم و حجم مورد بررسي قراردادند. آنان نتيجه گرفتند که

نمونه‌برداري چند درختي براي دو مشخصه حجـم و تـراكم در جنگلكاريهاي يكنواخت منطقه مـورد بررسـي، كمتـر از مقدار واقعي برآورد مي‌كند.

Lessard و همكاران (۲۰۰۲) روش نمونـه‌بـرداري چنـد درختي و نمونه‌برداري با قطعه‌هاي نمونه با شـعاع ثابـت را براي برآورد تعداد در هكتار (تراكم) مورد مقايسه قرار دادند و به‌اين نتيجه رسيدند كه پراكنش مكاني و تـراكم بـر روي تعداد در هكتار مـوثر اسـت، امـا تـاثير تـراكم درختـان در جنگل از الگوي مكاني بيشتر مي‌باشـد. بـا افـزايش تـراكم، مساحت قطعه‌هاي نمونه چند درختي كوچكتر مي‌شود.

Lynch و همكاران (۲۰۰۳) با استفاده از نمونه‌بـرداري چند درختي مقدار يك مشخصه يا يـك ويژگـي را بـه ازاي هر درخت برآورد كردند. آنان بـراي ايـن بـرآورد از ضـريب تصحيح اريب $\frac{n-1}{n}$ اسـتفاده نكردنـد چـون بـا توجـه بـه الگوي پراكنش درختان در بعضي از جنگل‌ها، ايـن ضـريب، اريبي برآورد را تصحيح نمي‌كند.

بررسي‌هاي انجام گرفته در اجرا كه به مـواردي از آنهـا در بالا اشاره شد، نشان داده است كه به كـارگيري ايـن روش، سطح برش برابر سينه در هكتار و تعداد درختان در هكتـار را در مقايسه با آمار برداري صددرصد كمتر برآورد مي‌كنـد. به عبارت ديگر، ايـن روش underestimate bias اسـت. اين موضوع انگيزه خوبي براي اين پژوهش است تا با بررسي بيشتر اين روش شايد بتوان اين نقص را برطرف كـرده و از نكات مثبت آن (سريع و كم هزينه بودن) استفاده كرد.

مواد و روش‌ها

براي بررسي اين روش داده‌هاي مربوط بـه نمونـه‌بـرداري شش درختـي كـه توسـط زبيـري در سـال ۱۳۵۵ هجـري شمسي در شمال ايـران (منطقـه خيرودكنـار نوشـهر) و در جنگل آموزشي و پژوهشي دانشكده منابع طبيعي دانشـگاه تهران اجرا شده بود، استفاده شـد. ايـن داده‌هـا قسـمتي از طرح پژوهشي تعيين مناسب‌تـرين روش آمـاربرداري بـراي جنگل‌هاي طبيعي شمال ايران مي‌باشد.

روش پژوهش

- تهيه داده‌هاي مربوط به قطعه‌هاي نمونه چند درختي
- تهيه نتايج حاصل از آماربرداري صد درصد
- ايجاد پايگاه داده درمحـيط نـرم افـزار Access و وارد كردن كليه اطلاعات مربوط به قطعـه‌هـاي نمونـه در بانـك اطلاعاتي
- نوشتن برنامه به زبـان Visual Basic بـراي تجزيـه و تحليل و اعمال فرضيه‌ها بر روي داده‌ها
- محاسـبه و بدسـت آوردن نتـايج حاصـل از اجـراي نمونه‌برداري چند درختي
- آزمون ميانگين‌هاي حاصل از نمونه‌برداري چند درختـي و آماربرداري صد درصد

اطلاعات وارد شده به پايگاه اطلاعاتي شامل موارد زير بود:

شماره قطعه نمونه، شماره درخت، فاصله درخت تا مركـز قطعه نمونه (m)، قطر برابر سينه هـر درخـت(cm) و نـام گونه.

فرضيه‌هاي پژوهش

اگر شعاع قطعه نمونه، فاصله بين مركـز قطعـه نمونـه تـا درخت n ام (لبه جلوئي) بر حسب متر به اضافه نصف قطـر درخت nام بر حسب متر باشد، برآورد سطح برش در هكتار وتعداد در هكتار به واقعيت نزديک است و يا بـا آن تفـاوت معني‌داري ندارد . در اين فرضـيه در كليـه رابطـه‌هـا تمـام مشخصه‌هاي درخت n ام (n از ۶ تا ۱۰ متغير است) ماننـد قطـر، سـطح بـرش برابـر سـينه و حجـم، باضـريب $\frac{۱}{۲}$ در محاسبات وارد ميشود (روش پيشنهادي پرودان).

(۱) (زبيري،۱۳۸۱)

$$R_i = a_{ni} + \frac{۱}{۲} d_{ni}$$

R_i: شعاع قطعه نمونه i (متر)

a_{ni}: فاصله مركز قطعه نمونه i تا لبه جلوئي درخت nام

d_{ni}: قطر درخت n ام درقطعه نمونه i بر حسب متر

F_i: مساحت قطعه نمونه (مترمربع)

(۲)
$$F_i = \pi \times R_i^{۲}$$

(۳) (زبيري،۱۳۸۱)

$$G_i = 0/25 \times \frac{(d_{1i}^2 + d_{2i}^2 + ... + \frac{1}{2} d_{ni}^2)}{R_i^2}$$

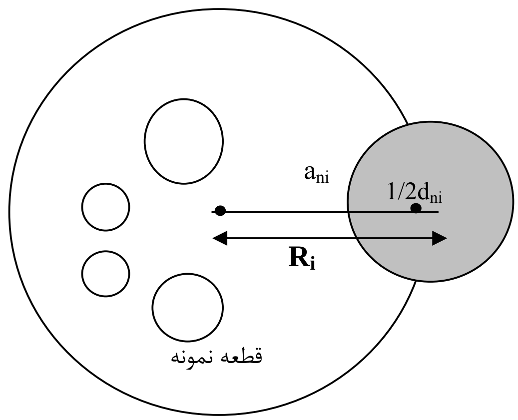
G_i: سطح برش برابر سينه در هكتار در قطعه نمونه i بـر حسب متر مربع در هكتار

d_{1i} تا d_{ni}: قطر برابر سينه درختان اول تا n ام بـر حسـب سانتي متردر قطعه نمونه i

$$n_i = \frac{(n-0.5)}{F_i} \times 10000 \qquad (۴)$$

(علت استفاده از ۱۰۰۰۰ براي تبديل تعداد در مترمربع به تعداد در هكتار مي‌باشد)

n_i: تعـداد در هكتـار در قطعـه نمونـه i در فرضـيه اول



شكل ۱- نمايش فرضيه ۱

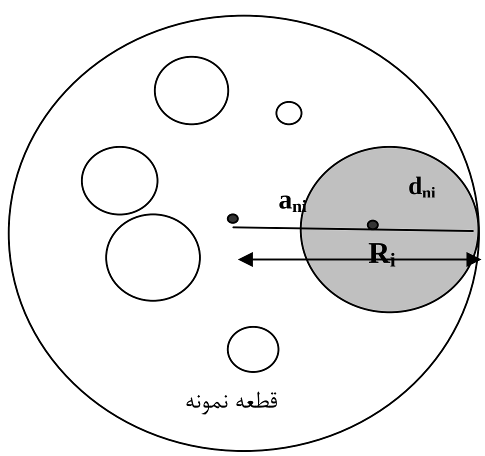
اگر شعاع قطعه نمونه فاصله بـين مركـز قطعـه نمونـه تـا درختn ام (لبه جلوئي) بر حسب متر به اضـافه تمـام قطـر درخت n ام بر حسب متر باشد، بـرآورد سـطح بـرش برابـر سينه در هكتار و تعداد در هكتار به واقعيت نزديكتر است و يا با آن تفاوت معني‌داري ندارد. دراين فرضيه درخـت n ام به طور كامل حساب مي‌شود.

$$R_i = a_{ni} + d_{ni} \qquad (۵)$$

$$F_i = \pi \times R_i^2 \qquad (۶)$$

$$G_i = 0.25 \times \left(\frac{d_{1i}^2 + d_{2i}^2 + ... + d_{ni}^2}{R_i^2} \right) \qquad (۷)$$

$$n_i = \frac{n \times 10000}{F_i} \qquad (۸)$$



شكل ۲- نمايش فرضيه ۲

اگر شعاع قطعه نمونه فاصله بين مركز قطعه نمونه تا درخت n ام (لبه جلوئي) به اضافه تمام قطر درخت n ام (متر) و نصف فاصله بين درخت nام و (n+1) ام (متر) باشد، برآورد سطح برش برابر سينه در هكتار وتعداد در هكتار به واقعيت نزديكتر است و يا با آن تفاوت معني‌داري ندارد. در اين فرضيه نيز درخت n ام به طور كامل محاسبه مي‌شود.

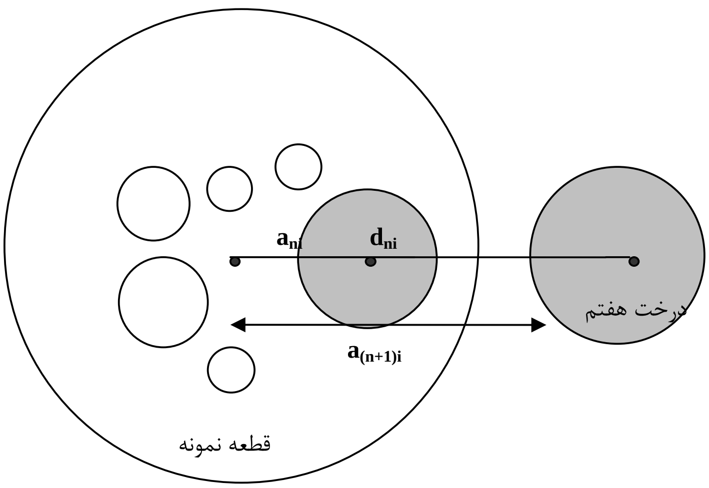
$$R_i = (a_{ni} + d_{ni}) + \left[\frac{(a_{(n+1)i} - (a_{ni} + d_{ni}))}{2} \right] \quad (۹)$$

$a_{(n+1)i}$: فاصله درخت (n+1) ام تا مركز قطعه نمونه i بر حسب متر

$$F_i = \pi \times R_i^2 \quad (۱۰)$$

$$G_i = 0.25 \times \left(\frac{d_{1i}^{\ 2} + d_{2i}^{\ 2} + ... + d_{ni}^{\ 2}}{R_i^{\ 2}} \right) \quad (۱۱)$$

$$n_i = \frac{n}{F_i} \times ۱۰۰ \quad (۱۲)$$



شكل ۳- نمايش فرضيه ۳

نكته بااهميت دراينجا اين است كه گاهي فاصله درختn ام و(n+1) ام با هم برابرند. بنابراين براي تشخيص اينكه كدام درخت، درخت n ام است به‌روش زير عمل شد:

$$a_{(n+1)i} + \frac{1}{2} d_{(n+1)i} = B \quad (۱۳)$$

$$a_{ni} + \frac{1}{2} d_{ni} = A \quad (۱۴)$$

$d_{(n+1)i}$: قطر برابر سينه درخت n+1 ام در قطعه نمونه i بر حسب متر

اگر A<B بود، آنگاه درخت n ام به عنوان درخت n ام در نظر گرفته مي‌شود و در غير اين‌صورت درخت (n+1) ام به عنوان درخت n ام به حساب مي‌آيد.

پس از محاسبه سطح برش برابر سينه در هكتار و تعداد در هكتار براي هر قطعه نمونه، محاسبات براي كل جنگل با استفاده از ميانگين‌هاي وزني، حسابي و تصحيح شده با استفاده از عامل تصحيح اريبي $\frac{n-1}{n}$ بدست آمد.

ميانگين وزني

وزن دادن ميانگين بر اساس مساحت قطعه‌هاي نمونه انجام گرفته است (زبيري، ۱۳۸۱):

$$G_K = \frac{\sum_{i=1}^{m} F_i \times G_i}{\sum_{i=1}^{m} Fi} \qquad \text{(زبيري،۱۳۸۱)} \qquad (۱۵)$$

كه در اين رابطه :

G_K: ميانگين سطح برش برابر سينه در هكتار براي كل جنگل (متر مربع)،

m: تعداد قطعه‌هاي نمونه n درختي

G_i: ميانگين سطح برش برابر سينه در هكتار قطعه نمونه i (متر مربع)،

F_i: مساحت قطعه نمونه i (متر مربع)

$$N_W = \frac{\sum_{i=1}^{m} F_i \times n_i}{\sum_{i=1}^{m} F_i} \qquad (۱۶)$$

N_W: ميانگين تعداد در هكتار براي كل جنگل ، n_i : تعداد در هكتار در قطعه نمونه i

ميانگين حسابي

براي فرضيه اول

(زبيري،۱۳۸۱) (۱۷)

$$G_Z = \frac{0.25}{m} \times \sum_{i=1}^{m} \left[\frac{1}{R_i^{\,2}} \left(d_{1i}^{\;2} + d_{2i}^{\;2} + ... + \frac{1}{2} d_{ni}^{\;2} \right) \right]$$

براي فرضيه دوم و سوم (۱۸)

$$G_z = \frac{0.25}{m} \times \sum_{i=1}^{m} \left[\frac{1}{R_i^{\,2}} \left(d_{1i}^{\;2} + d_{2i}^{\;2} + ... + d_{ni}^{\;2} \right) \right]$$

G_z: ميانگين سطح برش برابر سينه در هكتار براي كل جنگل (ميانگين حسابي) بر حسب متر مربع و يا از رابطه

(Lynch & Rusydi, 1999) (۱۹)

$$G_Z = \frac{1}{m} \times \sum_{i=1}^{m} \frac{\left(\sum_{j=1}^{n-1} G_{ij} + 0.5 \times G_{in} \right)}{F_i}$$

G_{ij}: سطح برش برابر سينه درخت j ام در قطعه نمونهiام

G_{in}: سطح برش برابر سينه درخت nام در قطعه نمونه i

$$N_C = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{m} n_i \qquad (۲۰)$$

N_C: ميانگين تعداد در هكتار براي كل جنگل

ميانگين اصلاح شده با عامل تصحيح اريبي $\frac{n-1}{n}$ (Moore ,1954 & Ebrhart, 1967)

(Rusydi,1996. Lynch & etal 1999) (۲۱)

$$G_A = \frac{1}{m} \left(\frac{n-1}{n} \right) \sum_{i=1}^{m} \left[\frac{\sum_{j=1}^{n} G_{ij}}{F_i} \right]$$

G_A: ميانگين سطح برش برابر سينه در هكتار براي كل جنگل با استفاده از عامل تصحيح اريبي بر حسب مترمربع

n: تعداد درخت در هر قطعه نمونه چند درختي

N_A: ميانگين تعداد در هكتار براي كل جنگل با استفاده از عامل تصحيح اريبي

(Rusydi,1996. Lynch & etal 1999)(۲۲)

$$N_A = \frac{1}{m} \left(\frac{n-1}{n} \right) \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{n}{F_i} \times 10000 \right)$$

دقت آماربرداري

براي هر روش نمونه‌برداري اشتباه معيار $s_{\bar{x}}$ و در صد اشتباه آماربرداري نيز محاسبه شد.

آزمون‌هاي آماري

با استفاده از آزمون كولموگراف- اسميرنوف(k-s) مشخص شد كه پراكنش داده‌ها از توزيع نرمال تبعيت نمي‌كند، بنابراين از آزمون‌هاي ناشاخصي شامل آزمون ويلكاكسون براي مقايسه نتايج روش‌هاي نمونه‌برداري چند درختي با مقدار واقعي (حاصل از آماربرداري صد در صد) و آزمون ويلكاكسون علامت دار استفاده شد. با توجه به‌اينكه

آزمون t با وجود نقض بعضي از پيش فرض‌ها (مثل نرمال نبودن پراکنش داده‌ها) استوار است، براي نتيجه گيري بهتر از اين آزمون هم استفاده شد.

نتايج

نتايج حاصل از اعمال فرضيه‌ها بر روي داده‌ها در جداول ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱- نتايج روش نمونه‌برداري چند درختي در برآورد سطح برش برابر سينه در هکتار کل جنگل

تعداد درخت(n)	مشخصه‌ها / فرضيه‌ها	سطح برش برابر سينه در هکتار براي کل جنگل بر حسب متر مربع			
		ميانگين وزني	ميانگين حسابي	ميانگين اصلاح شده	آماربرداري صددرصد
شش	فرضيه اول	۳۳/۵۱۹	۳۸/۵۰۳	۳۴/۶۸	
	فرضيه دوم	۳۵/۲۰۶	۳۹/۹۴۲	۳۳/۲۸۵	
	فرضيه سوم	۳۴/۹۲۹	۳۹/۹۲۲	۳۲/۲۶۸	
هفت	فرضيه اول	۳۳/۹۱۳	۳۸/۷۸۶	۳۵/۱۸۷	
	فرضيه دوم	۳۵/۲۴۲	۳۹/۸۸۲	۳۴/۱۸۵	
	فرضيه سوم	۳۵/۲۳۹	۳۹/۴۰۲	۳۳/۷۷۳	
هشت	فرضيه اول	۳۲/۲۴۷	۳۷/۰۴۴	۳۴/۵۲۷	۳۵/۵۲
	فرضيه دوم	۳۵/۳۸۲	۳۷/۶۹۸	۳۲/۹۹	
	فرضيه سوم	۳۵/۵۲	۳۷/۷۴۳	۳۳/۰۲۵	
نه	فرضيه اول	۳۱/۵۹۲	۳۶/۳۴۸	۳۳/۹	
	فرضيه دوم	۳۵/۱۷۲	۳۶/۷۷۷	۳۲/۶۹	
	فرضيه سوم	۳۵/۱۶۴	۳۶/۸۸۸	۳۲/۷۸۹	
ده	فرضيه اول	۳۳/۶۵۴	۳۵/۰۷۴	۳۲/۹۹	
	فرضيه دوم	۳۴/۱۳۷	۳۵/۴۰۲	۳۱/۸۶۲	
	فرضيه سوم[1]	-	-	-	

۱- در اين روش نمونه برداري در هر قطعه نمونه تا ۱۰درخت اندازه گيري شد و چون درخت يازدهم اندازه گيري نشده است بنابراين فرضيه سوم قابل اجرا نيست.

جدول ۲- نتايج روش نمونه‌برداري چند درختي در برآورد تعداد در هكتار كل جنگل

تعداد درخت (n)	مشخصه‌ها / فرضيه‌ها	تعداد در هكتار براي كل جنگل			
		ميانگين وزني	ميانگين حسابي	ميانگين اصلاح شده	آماربرداري صددرصد
شش	فرضيه اول	۲۷۹/۱۵۹	۴۳۲/۱۷	۳۹۲/۸۸	۳۵۷
	فرضيه دوم	۲۸۶/۵۰۸	۴۵۲/۰۸۴	۳۷۶/۷۴	
	فرضيه سوم	۲۸۴/۲۶	۴۴۱/۴۴	۳۶۷/۸۷۴	
هفت	فرضيه اول	۲۸۰/۷۶۵	۴۲۶/۰۰۲	۳۹۳/۲۳	
	فرضيه دوم	۲۹۲/۲۰۵	۴۴۳/۵۷	۳۸۰/۲	
	فرضيه سوم	۲۹۲/۱۷۹	۴۳۶/۷۷۶	۳۷۴/۳۸	
هشت	فرضيه اول	۲۸۷/۵۳	۴۱۳/۹۱	۳۸۶/۳۱	
	فرضيه دوم	۲۸۹/۵۵۴	۴۲۵/۳۹	۳۷۲/۲۱	
	فرضيه سوم	۲۹۰/۶۸۱	۴۱۹/۷۶۵	۳۶۷/۲۹۴	
نه	فرضيه اول	۲۸۲/۵۸۴	۴۰۴/۷۶۹	۳۸۰/۹۶	
	فرضيه دوم	۲۹۴/۶۳	۴۱۴/۷۲	۳۶۸/۶۴	
	فرضيه سوم	۲۹۴/۵۶۴	۴۱۲/۳۹۴	۳۶۶/۵۷۳	
ده	فرضيه اول	۲۸۴/۲۸۷	۳۹۶/۸۶	۳۷۵/۹۸	
	فرضيه دوم	۲۹۰/۵۷۲	۴۰۵	۳۶۴/۵	
	فرضيه سوم[۱]	-	-	-	

مقايسه نتايج روش‌هاي نمونه‌برداري چند درختي با مقدار واقعي در جدول‌هاي ۳ و ۴ آمده است.

۱- در اين روش نمونه برداري در هر قطعه نمونه تا ۱۰درخت اندازه گيري شد و چون درخت يازدهم اندازه گيري نشده است بنابراين فرضيه سوم قابل اجرا نيست.

جدول ۳- آزمون ويلكاكسون ساده براي مقايسه ميزان برآورد شده از نمونه‌برداري چند درختي با ميزان حاصل از آماربرداري صددرصد

روش‌هاي نمونه‌برداري	فرضيه‌ها	مقدار P_{value} براي داده‌هاي سطح برش برابر سينه در هكتار بدون استفاده از ضريب تصحيح اريب	مقدار P_{value} براي داده‌هاي سطح برش برابر سينه در هكتار بااستفاده از ضريب تصحيح
روش شش درختي	فرضيه اول	۰/۰۷۷ ns	۰/۰۰۶۶**
	فرضيه دوم	۰/۶۲۱ ns	۰/۰۱۰۶*
	فرضيه سوم	۰/۴۳۱ ns	۰/۰۳۸۵*
روش هفت درختي	فرضيه اول	۰/۱۶۰ ns	۰/۰۰۱۳**
	فرضيه دوم	۰/۵۲۱ ns	۰/۰۲۳۹*
	فرضيه سوم	۰/۴۱۷ ns	۰/۰۰۳۷**
روش هشت درختي	فرضيه اول	۰/۱۸۸ ns	۰/۰۰۱۰**
	فرضيه دوم	۰/۷۰۱ ns	۰/۰۰۱۶۹**
	فرضيه سوم	۰/۷۹۱ ns	۰/۰۲۳۹*
روش نه درختي	فرضيه اول	۰/۳۸۲ ns	۰/۰۳۳۲*
	فرضيه دوم	۰/۶۷۹ ns	۰/۰۴۵۴*
	فرضيه سوم	۰/۷۴۳ ns	۰/۰۲۳۹*
روش ده درختي	فرضيه اول	۰/۱۴۰ ns	۰/۰۰۲۴**
	فرضيه دوم	۰/۳۰۶ ns	۰/۰۰۵**

n.s: بدون تفاوت معني‌دار، * تفاوت معني‌دار در سطح ۵ درصد، ** تفاوت معني‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۴- آزمون ويلكاكسون علامت دار براي مقايسه ميزان برآورد شده از نمونه‌برداري چند درختي با ميزان حاصل از آماربرداري صددرصد

روش‌هاي نمونه‌برداري	فرضيه‌ها	مقدار P_{value} براي داده‌هاي سطح برش برابر سينه در هكتار بدون استفاده از ضريب تصحيح اريب	مقدار P_{value} براي داده‌هاي سطح برش برابر سينه در هكتار با استفاده از ضريب تصحيح
روش شش درختي	فرضيه اول	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰**
	فرضيه دوم	۰/۰۰۱۰**	۰/۰۰۰۰**
	فرضيه سوم	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰**
روش هفت درختي	فرضيه اول	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**
	فرضيه دوم	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**
	فرضيه سوم	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**
روش هشت درختي	فرضيه اول	۰/۰۰۰۰**	۰/۰۰۰۰**
	فرضيه دوم	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۰۰**
	فرضيه سوم	۰/۰۰۱۶**	۰/۰۰۰۰**
روش نه درختي	فرضيه اول	۰/۰۰۲۴**	۰/۰۰۰۰**
	فرضيه دوم	۰/۰۰۸۱**	۰/۰۰۰۰**
	فرضيه سوم	۰/۰۰۲۴**	۰/۰۰۰۰**
روش ده درختي	فرضيه اول	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰**
	فرضيه دوم	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۰**

* تفاوت معني‌دار در سطح ۵ درصد، ** تفاوت معني‌دار در سطح ۱ درصد

نتایج محاسبه درصد اشتباه آماربرداري در جدول ۵ آمده است:

جدول ۵- درصد اشتباه آماربرداري روش‌هاي نمونه‌برداري چند درختي

روش نمونه‌برداري	فرضیه‌ها	درصد اشتباه آماربرداري برآورد سطح برش برابر سینه در هکتار			درصد اشتباه آماربرداري برآورد تعداد در هکتار		
		میانگین وزني	میانگین حسابي	میانگین اصلاح شده	میانگین وزني	میانگین حسابي	میانگین اصلاح شده
روش شش درختي	فرضیه اول	۲۰/۱۸	۱۷/۵۶	۱۶/۴۴	۲۱/۱۹	۱۳/۶۹	۱۳/۶۸۷
	فرضیه دوم	۱۸/۲۶	۱۶/۰۹۶	۱۶/۱	۲۰/۹۷	۱۳/۲۹	۱۳/۲۸۸
	فرضیه سوم	۱۹/۱۳	۱۶/۷۴	۱۶/۷۶	۲۰/۳۲	۱۳/۰۸	۱۳/۰۷۴
روش هفت درختي	فرضیه اول	۱۷/۷۴	۱۵/۵۱	۱۴/۸۴	۱۸/۴۲	۱۲/۱۴	۱۲/۷۲۳
	فرضیه دوم	۱۶/۶۳	۱۴/۶۸۷	۱۴/۷۱	۱۸/۰۸	۱۱/۹۱	۱۱/۹۰۷
	فرضیه سوم	۱۵/۱۵	۱۳/۵۶	۱۳/۵۴	۱۷/۶۱	۱۱/۷۸	۱۱/۶۱۳
روش هشت درختي	فرضیه اول	۱۳/۲۷	۱۱/۵۶	۱۱/۰۶	۱۶/۴۱	۱۱/۴	۱۱/۴
	فرضیه دوم	۱۱/۶۲	۱۰/۹۴	۱۰/۹۴	۱۶/۵۸	۱۱/۲۸	۱۱/۲۸
	فرضیه سوم	۱۱/۷۱	۱۱/۰۲	۱۰/۹۸	۱۵/۶۶	۱۱/۰۸	۱۱/۷۹۲
روش نه درختي	فرضیه اول	۱۱/۶۵	۱۰/۱۴	۱۰	۱۵/۲۴	۱۰/۶۴	۱۰/۶۴
	فرضیه دوم	۱۰/۱۲	۹/۶۵	۹/۶۴	۱۴/۷۸	۱۰/۵	۱۰/۵
	فرضیه سوم	۱۰/۹۲	۱۰/۴۲	۱۰/۴۶	۱۴/۷۹	۱۰/۵۶	۱۰/۵۹
روش ده درختي	فرضیه اول	۱۰/۲۵	۹/۸۳	۹/۷۹	۱۴/۴۹	۱۰/۳۸	۱۰/۳۸
	فرضیه دوم	۹/۷	۹/۳۲	۹/۳۵	۱۴/۳۲	۱۰/۲۷	۱۰/۲۷۵

جدول ۶- آزمون **t** براي مقايسه نتايج برآوردشده از روش نمونه‌برداري چند درختي با ميزان حاصل از آماربرداري صددرصد

روش‌هاي نمونه‌برداري	فرضيات	مقدار P_{value} براي داده‌هاي سطح برش برابر سينه در هكتار		مقدار P_{value} براي داده‌هاي تعداد در هكتار	
		بدون ضريب تصحيح	با ضريب تصحيح	بدون ضريب تصحيح	با ضريب تصحيح
روش شش درختي	فرضيه اول	۰/۳۹ ns	۰/۷۷ ns	۰/۰۱۳*	۰/۱۹۰ ns
	فرضيه دوم	۰/۱۸ ns	۰/۴۱ ns	۰/۰۰۲۰**	۰/۴۴ ns
	فرضيه سوم	۰/۲۰ ns	۰/۴۳ ns	۰/۰۰۴۳**	۰/۶۶ ns
روش هفت درختي	فرضيه اول	۰/۲۹ ns	۰/۹ ns	۰/۰۰۹۱**	۰/۱۴ ns
	فرضيه دوم	۰/۱۴ ns	۰/۶ ns	۰/۰۰۱۴**	۰/۳۱ ns
	فرضيه سوم	۰/۱۵ ns	۰/۴۵ ns	۰/۰۰۲۵**	۰/۴۴ ns
روش هشت درختي	فرضيه اول	۰/۴۸ ns	۰/۶۱ ns	۰/۰۱۸*	۰/۱۹ ns
	فرضيه دوم	۰/۳۰ ns	۰/۱۷ ns	۰/۰۰۵۴**	۰/۴۸ ns
	فرضيه سوم	۰/۲۹ ns	۰/۱۸ ns	۰/۰۰۸۲**	۰/۶۲ ns
روش نه درختي	فرضيه اول	۰/۶۶ ns	۰/۳۵ ns	۰/۰۳۰*	۰/۲۵ ns
	فرضيه دوم	۰/۴۹ ns	۰/۰۷۸ ns	۰/۰۰۶۵**	۰/۵۵ ns
	فرضيه سوم	۰/۴۸ ns	۰/۱۲ ns	۰/۰۱۳*	۰/۶۳ ns
روش ده درختي	فرضيه اول	۰/۸۰ ns	۰/۱۲ ns	۰/۰۵۸ ns	۰/۳۴ ns
	فرضيه دوم	۰/۹۴ ns	۰/۰۱۶*	۰/۰۲۴*	۰/۶۹ ns

n.s: بدون تفاوت معني‌دار، * تفاوت معني‌دار در سطح ۵ درصد، ** تفاوت معني‌دار در سطح ۱ درصد

بحث

بر اساس نتايج به دست آمده در اين پژوهش، مي‌توان اين چنين استنباط كرد كه هرگاه براي محاسبه سطح برش برابر سينه و تعداد در هكتار براي كل جنگل در روش‌هاي نمونه‌برداري چند درختي از ميانگين وزني استفاده شود و وزن ميانگين براساس مساحت قطعه‌هاي نمونه چند درختي باشد، سطح برش برابر سينه و تعداد در هكتار برآورد شده، كمتر از سطح برش برابر سينه و تعداد در هكتار آماربرداري صددرصد است. به عبارت ديگر، در اين حالت، اين روش Underestimate Bias است. در صورتي كه ميانگين حسابي به كار رود، برآوردهاي به‌دست آمده، از آماربرداري صد در صد بيشتر است، در نتيجه اين روش در اين حالت Overestimate Bias است. اما برآوردهاي سطح برش در هكتار براي كل جنگل با استفاده از عامل ضريب تصحيح اريبي $\frac{n-1}{n}$، همواره كمتر از مقدار واقعي است در حالي كه در مورد داده‌هاي تعداد در هكتار وضعيت عكس است و ميزان برآورد شده همواره بيشتر از مقدار واقعي است.

براي مقايسه نتايج حاصل از روش‌هاي نمونه‌برداري چند درختي با مقدار واقعي، از آزمون $\hat{t}$ استفاده شد. نتايج آزمون $\hat{t}$ نشان داد، بين ميانگين‌هاي سطح برش برابر سينه در هكتار (در هر دو حالت استفاده از ضريب تصحيح و بدون استفاده از اين ضريب تصحيح) با ميانگين آماربرداري صد در صد تفاوت معني‌داري وجود ندارد.

نتيجه اجراي اين آزمون براي تعداد در هكتار نشان داد، بين مقدار برآورد شده تعداد در هكتار در روش نمونه‌برداري چند درختي و مقدار بدست آمده از آماربرداري صددرصد زماني كه از عامل ضريب تصحيح استفاده مي‌شود، تفاوت معني‌داري وجود ندارد اما اگر از عامل ضريب تصحيح استفاده نشود، اين تفاوت، معني‌دار است (جدول۶).

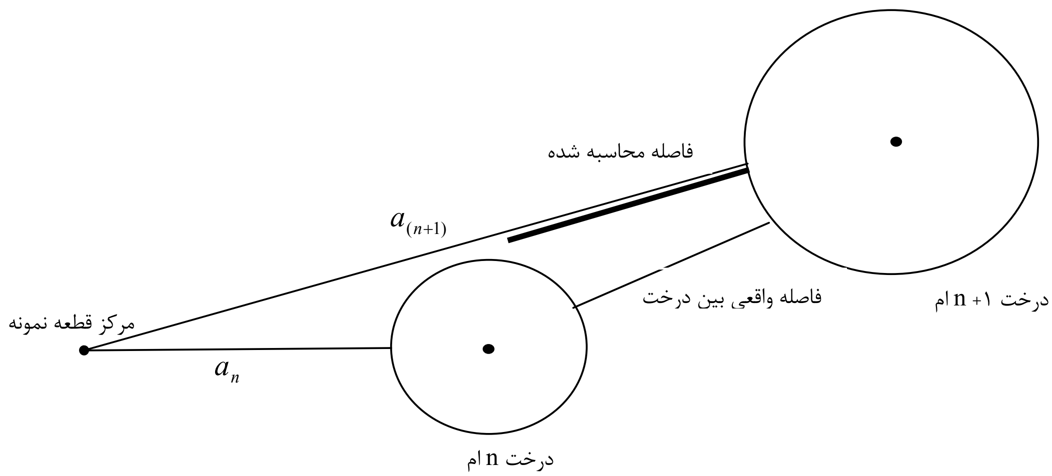
براي مقايسه بهتر، از آزمون ويلكاكسون ساده استفاده شد، نتايج اين آزمون نشان داد كه ميانه‌هاي (آزمون ويلكاكسون جزء آزمون‌هاي نامشخصه‌اي ناشاخصي است و ميانه را مورد آزمون قرار مي‌دهد) سطح برش برابر سينه در هكتار(هنگامي‌كه از عامل ضريب تصحيح استفاده مي‌شود) در روش‌هاي نمونه‌برداري چند درختي با ميانه سطح برش برابر سينه در هكتاردر آماربرداري صددرصد تفاوت معني‌داري دارد ولي اگر از اين آزمون استفاده نشود، ميانه‌هاي هر روش با مقدار واقعي ميانه، تفاوت معني‌داري ندارد (جدول۳).

مقايسه درصد تفاوت بين ميزان برآورد شده سطح برش برابر سينه در هكتار و مقدار واقعي، نشان داد كه زماني كه از عامل ضريب تصحيح استفاده نشود، نتايج فرضيه‌هاي دوم و سوم هر روش نمونه‌برداري چند درختي، تفاوت كمتري با مقدار واقعي دارند و حتي در فرضيه سوم روش نمونه‌برداري هشت درختي، مقدار واقعي سطح برش برابر سينه در هكتار بدست آمده است. در مورد استفاده از عامل ضريب تصحيح، همواره درصد تفاوت بين ميزان برآوردشده و مقدار واقعي، در فرضيه‌هاي اول كمتر از ساير فرضيه‌ها مي‌باشد. زيرا در اين حالت مساحت قطعه‌هاي نمونه كمتر است و تعداد درخت در هر سه فرضيه روش‌هاي نمونه‌برداري چند درختي، در حالت استفاده از ضريب تصحيح، ثابت است و با افزايش مساحت قطعه نمونه، سطح برش برابر سينه در هكتار كاهش و درصد تفاوت با مقدار واقعي افزايش مي‌يابد. بنابراين با استفاده از اين روش فرضيه‌هاي اول جواب بهتري مي‌دهند.

اما درصد تفاوت بين مقدار واقعي تعداد در هكتار(زماني كه از عامل ضريب تصحيح استفاده شود) با مقدار واقعي نسبت به درصد تفاوت بين ميزان برآوردشده تعداد در هكتار (زماني كه از عامل ضريب تصحيح استفاده نشود) كمتر است. در اين حالت (استفاده از ضريب تصحيح)، فرضيه‌هاي سوم كمتر از فرضيه‌هاي دوم و فرضيه‌هاي دوم كمتر از فرضيه‌هاي اول، با مقدار واقعي تفاوت دارند.

- با افزايش تعداد درخت در هر قطعه نمونه، دقت آماربرداري افزايش مي‌يابد و اشتباه آماربرداري در روش نمونه‌برداري ده درختي به كمتر از ۱۰% مي‌رسد. اين مي‌تواند دليلي بر اين موضوع باشد كه براي رسيدن به دقت قابل قبول، دست‌كم بايد ده درخت در يک قطعه نمونه وجود برداشت شود.

- در هر روش نمونه‌برداري چند درختي، اشتباه آماربرداري فرضيه اول بيشتر از فرضيه‌هاي دوم و سوم است. علت اين است كه در فرضيه اول،كليه مشخصه‌هاي درخت n ام (مانند قطر و يا تعداد)،به صورت نصف درنظر گرفته مي‌شود و در مقايسه با دو فرضيه ديگر، تعداد درخت در هر قطعه نمونه (n-0.5) مي‌باشد. اشتباه آماربرداري فرضيه دوم كمتر از فرضيه سوم است. دليل اين موضوع مي‌تواند اين باشد كه در فرضيه سوم براي محاسبه شعاع قطعه نمونه، علاوه بر فاصله درخت n ام از مركز قطعه نمونه و قطر درخت nام، فاصله بين درخت n ام و n+1 ام نيز دخالت دارد، بنابراين احتمال بروز خطا بيشتر است. گاهي ممكن است در محاسبه فاصله بين درخت n ام وn+1 ام اين اشتباه رخ دهد كه فاصله محاسبه شده با فاصله واقعي برابر نباشد. دراين روش معمول است كه فاصله كليه افراد از مركز قطعه نمونه اندازه گيري شود و فاصله بين درختn ام وn+1 ام از تفاضل فاصله درختn ام تا مركز قطعه نمونه، از فاصله درختn+1 ام تا مركز قطعه نمونه بدست آيد كه گاهي اوقات ممكن است نحوه قرار گيري درخت n+1 نسبت به درخت n ام، باعث بروز خطا در محاسبه‌اين فاصله شود (البته مقدار اين خطا به طور معمول ناچيز است). نحوه بروز خطا در شكل زيرنمايش داده شده است.



شکل ۴- اشتباه به‌دست آمده از اندازه گيري فاصله بين درخت **n**ام **n+1**ام

نتيجه آزمون ويلکاکسون علامت دار نشان داد که مجموع ميزان سطح برش برابر سينه در هکتار برآوردشده که از مقدار واقعي سطح برش برابر سينه در هکتار بزرگتر هستند و تفاوت آنها با مقدار واقعي مثبت است، با مجموع ميزان سطح برش برابر سينه در هکتار برآوردشده که از مقدار واقعي کمتراست و تفاوت آن با مقدار واقعي منفي مي‌شود، برابر نيستند(جدول‌هاي ۳ و۴). به عبارت ديگر مجموع تعداد حالت‌هايي که‌اين روش بيشتر از مقدار واقعي برآورد مي‌کند با مجموع تعداد حالت‌هايي که کمتر از مقدار واقعي برآورد مي‌کند، برابر نيست (کاظم نژاد،۱۳۸۰). به عبارت ديگر MSE يا ميانگين مربعات اشتباهات برابر صفر نيست يعني باقي‌مانده‌ها (residuals) پراکنش نرمال ندارند[1].

نتايج

براي برآورد سطح برش برابر سينه در هکتار با استفاده از روش‌هاي نمونه‌برداري چند درختي، بهتر است از ميانگين وزني استفاده شود.کاربرد ضريب تصحيح $\frac{n-1}{n}$، براي برآورد سطح برش برابر سينه در هکتار مناسب نيست. همچنين فرضيه‌هاي دوم نيز بهتر هستند، زيرا در بيشتر موارد درصد تفاوت ميزان برآوردشده در فرضيه دوم از ساير فرضيه‌ها کمتر است. همچنين احتمال بروز خطاي در فرضيه دوم کمتر است ودقت آماربرداري آنها در بيشتر موارد بيشتر از ساير فرضيه‌ها است.

براي برآورد تعداد در هکتار، استفاده از عامل ضريب تصحيح $\frac{n-1}{n}$ و فرضيه‌هاي سوم، مناسب تر مي‌باشند، زيرا درصد تفاوت آنها با مقدار واقعي کمتر است و همچنين دقت آماربرداري بيشتري دارند.

طبق نتايج Payandeh و EK استفاده از تخمينگر تصحيح اريب $\frac{n-1}{n}$ در جنگلکاريهايي که الگوي پراکنش يکنواخت دارند مناسب است که البته در پژوهش حاضر نيز مناسب بودن اين ضريب براي برآورد تعداد در هکتار در منطقه مورد بررسي ثابت شد. البته در اين پژوهش پراکنش مکاني درختان مورد بررسي قرار نگرفت. .همچنين Lynch و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که براي بعضي مشخصه‌ها و بعضي از جنگل‌ها ضريب تصحيح $\frac{n-1}{n}$، اريبي برآورد را برطرف نمي‌کند که از اين نظر با برآورد سطح برش برابر سينه در اين پژوهش هماهنگي دارد و استفاده از اين ضريب مناسب نبود. وجه تمايز اين پژوهش با پژوهش‌هاي

1-MSE: Mean Squared Error

ديگر، بررسي حالت‌هاي مختلف شعاع قطعه نمونه چند درختي مي‌باشد و اين عقيده وجود دارد كه يكي از دلايل برآورد كمتر در اين روش در نظر نگرفتن كامل درخت آخر در محاسبات است، چنانچه براي برآورد هر دو مشخصه (تعداد در هكتار و سطح برش برابر سينه در هكتار)، فرضيه‌هاي دوم و سوم مناسب تر بودند كه در هر دو فرضيه، درخت آخر به طور كامل در محاسبات وارد مي‌شود.

در پايان بايد اشاره كرد كه روش نمونه‌برداري چند درختي در مواردي مي‌تواند كاربرد داشته باشد كه خواسته شود با هزينه و وقت كم، اطلاعاتي كلي از جنگل بدست آيد و همچنين الگوي پراكنش مكاني درختان (تصادفي، يكنواخت و خوشه‌اي) در تصميم گيري مهم باشد.

پيشنهادها

با توجه به مطالب ارائه شده پيشنهاد مي‌شود:

در اجراي روش‌هاي نمونه‌برداري چند درختي در عرصه، علاوه بر اندازه گيري فاصله كليه درختان قطعه نمونه از مركز قطعه نمونه، بهتر است فاصله بين درخت n ام وn+1 ام نيز اندازه گيري شود تا احتمال وقوع خطاي محاسبه فاصله بين اين دو درخت در زمان استفاده از فرضيه سوم،كاهش و دقت نمونه‌برداري افزايش يابد.

روش‌هاي نمونه‌برداري چند درختي در جنگل‌هاي مختلف با الگوهاي پراكنش مختلف، مورد بررسي قرار گيرد.

در جنگل‌هاي غرب بهتر است روش‌هاي چند درختي براي برآورد تاج پوشش مورد بررسي قرار گيرد تا مشخص شودكه آيا به لحاظ هزينه و زمان صرف شده، اين روش ها مي‌توانند مناسب باشند يا خير؟

منابع

۱- حسين زاده، عبدالرحمن، ۱۳۶۶: روش‌هاي مقدماتي نمونه گيري در علوم جنگل، انتشارات موسسه پژوهشات جنگل‌ها و مراتع، چاپ اول، ۵۱-۱۳۶۶، ص ۱۳-۱۱.

۲- زبيري، محمود، ۱۳۵۵: بررسي مقايسه‌اي نمونه‌برداري تصادفي و سيستماتيك تصادفي در جنگل، نشريه منابع طبيعي دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران،ش۳۴، ص ۶۴-۵۳.

۳- زبيري، محمود، ۱۳۸۱: زيست سنجي (بيومتري) جنگل، موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، شماره۲۵۶۱، تهران، ص۱۵۴-۱۴۳.

۴- كاظم نژاد، انوشيروان- حميد رضا، خلخالي- مهدي، كاظم پورديزجي، ۱۳۸۰: ۱۰۰ آزمون آماري به همراه راهنماي نرم افزار SPSS، موسسه فرهنگي هنري ديباگران تهران، ۰-۰۴۸-۳۵۴-۹۶۴، ص۱۴۰-۱۳۹.

5- Ebrhart, L. L. 1967. Some developments in distance sampling. Biometrins,23:207-216

6- Lessard,v.c.,Reed,D.,and Drummer,T.D. 1995. N-tree distance point sampling in fixed radius plot and variable radius point sampling in forest inventory estimation of basal area per acre.In simplicity versus efficiency and for forest, snow and land scape Research (WSL/FNP),Birmensdorf, and the Swiss federal institute of Technology(ETH) , section of forest inventory and planning .Zurich .pp.81-90.

7- Lessard,v.c ,Drummer,T.D.and Reed,D.D.2002. Precision of density estimates from fixed-raduis plots compared to n-tree distance sampling .for sci.48:1-6.

8- Lynch,T.B, and Rusydi,R.1999 .Distance sampling for forest inventory in Indonesian teak plantations. For, Ecol. Manage 113:215-221

9- Lynch,T.B. and Robert F.wittwer 2003.n-tree distance sampling for per-tree estimates of with application to unequal sized cluster sampling of increment core data,NRC Research press

, Can.J.For.Res 33:1189-1195.
10- Moore, P.G. 1954. Spacing in plant populations. Ecology, 35:222-227.
11- Payandeh,B-and A.R.EK.1986.Distance methods and density estimators.can. J.for .Res.16:918-924.
12- Rusydi,R, 1996. comparision of inventory methods for teak plantation at three forest management areas in East java, Indonesia. M.S.Thesis, Oklahama State University, Still water, Oklahama, 168.
13- Zobeiry, M.1978: Tree sampling in Natural forest of northern Iran , Journal of the forestry chronicle .Nr.june,171-2.

Optimization of Proden's Six Tree Sampling Method

A. Soltani*[1], M. Zobeiri[2] and M. Namiranian[3]
PhD Candidate, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran [1]
[2] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
[3] Associate professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
(Received 17 October 2005, Accepted 21 May 2007)

Abstract

In this research, we studied n-tree sampling methods. The characteristics considered here are as follows: basal area (m^2/ha) and density (number per hectare).We used data related to six tree sampling method practiced in Pattom section in kheyroud kenar forest. We analyzed three hypotheses:

A. Plot radius equals to the distance between the center plot and n^{th} tree plus half of the n^{th} tree diameter.

B. Plot radius equals to the distance between center plot and n^{th} tree plus the n^{th} tree diameter.

C. Plot radius equals to the distance between center plot and n^{th} tree plus the n^{th} tree diameter and half of the distance between n^{th} tree and $(n+1)^{th}$ tree.

We used these hypotheses and calculated basal area and density for each plot. Then we calculated density and basal area for all forest with weighted mean, arithmetic mean and corrected mean with $\frac{n-1}{n}$ bias correcting factor. We used Wilcoxon and t tests to compare the result of n-tree sampling method with true values. As a result, weighted mean and second hypothesis are suitable for estimating basal area. However for density, corrected mean and third hypothesizes are better. When the number of trees in a sample plot increases the precision of sampling method increases too. The results of n-tree sampling method are not significantly different from each other.

Keywords: Six tree sampling method, Basal area, Density, Corrected mean, $\frac{n-1}{n}$ bias correcting factor

* Corresponding author: Tel: 0261-2249312 , Fax: 0261-2249312 , E-mail: soltani_arezoo@yhoo.com