

بررسی صحت و دقت روش قطاعی در نمونه برداری جنگل های ارس امین آباد، فیروزکوه

محمدحسین سراج^۱، بهمن کیانی^{۲*} و مرتضی میرعبداللهی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (mehreailan@yahoo.com)

۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (bnkiani@yazd.ac.ir)

۳- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

(mirabdollahi.morteza@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۰/۲۱

چکیده

در این پژوهش با هدف بررسی قابلیت روش قطاعی در نمونه برداری جنگل های ارس و مقایسه آن با روش متداول قطعه نمونه دایره ای، ابتدا یک قطعه ۱۲/۵ هکتاری به صورت پیوسته برداشت و نقشه موقعیت مکانی درختان تهیه شد. بر اساس عوارض زمین (یال و دره) هفت قطعه مشخص شد. برای روش قطاعی چهار قطاع ۴۵ درجه به صورت منظم در هر قطعه مشخص و تعداد در هکتار جنگل محاسبه شد. شبکه ای از قطعات نمونه دایره ای به مساحت ۱۰ آر و فواصل ۵۰×۵۰ متر نیز مشخص و تراکم برای هر قطعه محاسبه شد. با توجه به مشخص بودن تراکم واقعی جنگل، صحت و دقت برآوردها محاسبه شد. برآوردهای تعداد در هکتار جنگل با آزمون های t تک نمونه و t جفتی به ترتیب با مقادیر واقعی و با یکدیگر مقایسه شدند. نتایج نشان داد که از نظر آماری اختلاف معنی داری بین روش ها و همچنین با مقادیر واقعی در برآورد تراکم جنگل وجود ندارد. برآوردها در روش قطعه نمونه دایره ای اشتباه نمونه برداری کمتر و در روش قطاعی اریبی کمتری داشتند. از نظر شاخص ریشه میانگین مربعات خطا برای کل جنگل، روش قطاعی دقیق تر از روش قطعه نمونه دایره ای ارزیابی شد، اما واریانس مقادیر خطا در بخش های مختلف جنگل در روش قطعه نمونه دایره ای کمتر بود که نشان دهنده ثبات بیشتر این روش است.

واژه های کلیدی: آمار برداری، تراکم، جنگل ارس، نمونه برداری قطاعی.

(2016) استفاده از این روش را عامل مهمی در حذف

اریبی ناشی از اثرهای حاشیه‌ای دانستند.

تاکنون پژوهش‌های کمی در مورد این روش در جهان انجام شده و در ایران نیز هنوز نتایج مکتوب در مرور منابع به چشم نمی‌خورد. از پژوهش‌های صورت گرفته در خصوص این روش می‌توان به پژوهش (McGarrigle and Kershav, 2016) اشاره کرد که از روش نمونه‌برداری قطاعی در جنگل‌های حاشیه رودخانه‌ای منطقه آکادیان در کانادا استفاده و به این نتیجه رسیدند که برآوردهای تراکم و تنوع گونه‌ای در روش قطاعی، واریانس بیشتری نسبت به روش قطعه-نمونه با مساحت ثابت دارند. همچنین بیان کردند که استفاده از چند قطاع با یک نقطه شروع بهتر از استفاده از فقط یک قطاع است. در پژوهش (Lynch, 2006) تلاش شد تا با شبیه‌سازی مونت کارلو مقدار واریانس موجود در نمونه‌برداری قطاعی با کمک متغیرهای کواریانت کاهش یابد که این روش مفید و مناسب ارزیابی شد. برای انجام محاسبات روش قطاعی، (Smith, 2007) از نرم‌افزار خاصی استفاده و بیان کردند که برای محاسبه واریانس و میانگین، نیاز به انجام شبیه‌سازی مونت کارلو خواهد بود.

نمونه‌برداری قطاعی به صورت دو مرحله‌ای نیز با تغییراتی در روش اصلی توسط (Chiriaco, 2010) همچنین Corona و همکاران (2011) برای برآورد مشخصات توده‌های درختی در خارج از جنگل اجرا و برآوردهای مختلفی برای ارزیابی مشخصات این توده‌ها ارائه شده و به این نتیجه رسید که این روش علاوه بر سرعت بالا نتایج قابل اعتماد و رضایت‌بخش حتی برای سطوح کوچک (کمتر از نیم هکتار) ارائه می‌دهد. در پژوهش (Eskelson و همکاران, 2013) از روش‌های نواری، قطعه‌نمونه دایره‌ای و قطاعی برای نمونه‌برداری جنگل‌های حاشیه رودخانه در اورگان

مدیریت صحیح جنگل مستلزم داشتن اطلاعات کمی از توده‌های سرپا و مشخصات آنها مانند تراکم، تاج-پوشش، موجودی در واحد سطح و سلامت درختان است (Mirzaei and Bonyad, 2015). این اطلاعات عموماً از طریق نمونه‌برداری به دست می‌آیند. در جنگل‌هایی که در معرض خطر نابودی قرار داشته یا از نظر اکولوژیکی با ارزش هستند، اهمیت داشتن اطلاعات کافی و مناسب، بیشتر است. از طرفی کسب اطلاعات از توده‌ها مستلزم صرف هزینه است. از این-رو پژوهشگران مختلف تلاش کرده‌اند روش‌های نمونه‌برداری را ابداع کنند که ضمن سریع بودن، میانگین صفات موردعلاقه جمعیت را با دقت و صحت مناسب برآورد کنند. افزایش سرعت در نمونه-برداری، کاهش هزینه‌ها را به دنبال خواهد داشت و در صورت توانایی یک روش نمونه‌برداری در برآورد سریع مشخصات کمی جنگل، آن روش ترجیح داده می‌شود.

روش‌های نمونه‌برداری جنگل از نظر دقت، صحت، کارایی و هزینه تنوع زیادی دارند (Rice et al., 2014). روش نمونه‌برداری قطاعی (Sector Sampling) نخستین بار توسط (Iles and Smith, 2006) برای نمونه‌برداری لکه‌های باقی‌مانده از عملیات قطع یکسره در کشور کانادا ابداع شد. بررسی‌های (Smith و همکاران, 2008) نشان داده که به علت انتخاب تصادفی قطاع‌ها، لازم نیست محل شروع آنها به صورت تصادفی انتخاب شود اما قرار گرفتن این نقطه در وسط لکه، نتایج بهتری ارائه می‌دهد. همچنین در هر لکه می‌توان یک قطاع یا بیش از یک قطاع را انتخاب کرد. در این پژوهش اریب نبودن روش نمونه‌برداری قطاعی نیز مورد تأیید قرار گرفته است. همچنین (McGarrigle and Kershav

جغرافیایی $33^{\circ} 52'$ تا $35^{\circ} 52'$ شرقی و عرض جغرافیایی $41^{\circ} 35'$ الی $43^{\circ} 35'$ شمالی قرار دارد (شکل ۱). گونه درختی اصلی در این رویشگاه ارس (*Juniperus excelsa* M.Bieb.) و گونه‌های همراه آن شیرخشت (*Cotoneaster nummularioides* Pojark) و بادام خارآلود (*Cotoneaster kotchyi* Klotz) و تنگرس (*Amygdalus lycioides* Spach)، (*Rhamnus pallasii* Fisch.)، گز (*Tamatix* Sp.)، زرشک (*Berberis integerrima* Bge.) و *Berberis*، راناس (*Crataegina* DC.)، نسترن (*Rosa beggeriana* Schrenk) و *Rosa*، پلاخور (*Lonicera nummularifolia* Jaub. & Spach) و ولیک (*Crataegus* spp) هستند (Ramin et al., 2012).

اقلیم منطقه بر اساس روش آمبرژه، اقلیم ارتفاعات فوقانی و بر اساس روش دومارتن، اقلیم نیم مرطوب فراسرد یا نیمه مرطوب ارتفاعی است و از نظر تقسیم‌بندی نواحی رویشی جزو جنگل‌های کوهستانی ایران-تورانی قرار می‌گیرد. بر اساس آمار ۱۳ ساله ایستگاه هواشناسی فیروزکوه (۱۳۸۵-۱۳۷۲)، میانگین بارندگی سالیانه ۲۸۸ میلی‌متر است که البته در منطقه امین‌آباد با توجه به بارش برف بیشتر به ۳۹۲ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه به ۵/۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. (Anonymous, 2007).

روش پژوهش

آماربرداری صددرصد

برای انتخاب محدوده معرف، ابتدا جنگل گردشی در رویشگاه مورد بررسی انجام و با در نظر گرفتن روش اندازه‌گیری و اهداف پژوهش، یک محدوده ۱۲/۵ هکتاری به ابعاد ۲۵۰×۵۰۰ متر به صورت مستطیل مشخص و چهار گوشه آن در طبیعت علامت‌گذاری شد. با کمک متر نواری و ریسمان ضمن تصحیح

آمریکا استفاده شد و به این نتیجه رسید که روش نواری برای برآورد تراکم جنگل از نظر صحت، بهتر از روش‌های قطعه‌نمونه دایره‌ای و قطاعی است. در پژوهش (Smith and Iles, 2012) نیز امکان برداشت قطعه‌نمونه یا خط‌نمونه در قطاع‌ها برای لکه‌های بزرگ جنگلی مورد بررسی قرار گرفته و این روش برای برآورد مازاد مقطوعات مناسب معرفی شد.

با توجه به اینکه در روش قطاعی تمام درختان تا انتهای لکه درختی که مورد بررسی است اندازه‌گیری می‌شوند و قطعه‌نمونه مرز مشخص هندسی ندارد، نیازی به کنترل درختان مرزی که در روش سنتی قطعه‌نمونه با مساحت ثابت همواره مشکل‌ساز است نخواهد بود. از طرفی نیازی به تعیین محل برداشت نمونه از قبل نیست و پژوهشگر در عرصه می‌تواند محل برداشت نمونه را به دلخواه تعیین کند (Smith and Iles, 2012). این مسئله در جنگل‌های ارس که معمولاً در مناطق پرشیب قرار دارند بسیار قابل توجه است. از این رو در این پژوهش دقت و صحت روش نمونه‌برداری قطاعی در یکی از جنگل‌های ارس ایران مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن با روش قطعه‌نمونه با مساحت ثابت و همچنین آماربرداری ۱۰۰ درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفته است. با توجه به شرایط دشوار نمونه‌برداری در این جنگل‌ها، در صورتی که روش قطاعی بتواند برآوردهای قابل قبول از مشخصات کمی جنگل ارائه دهد، با توجه به سهولت اجرا و سرعت بالا بسیار جالب توجه خواهد بود.

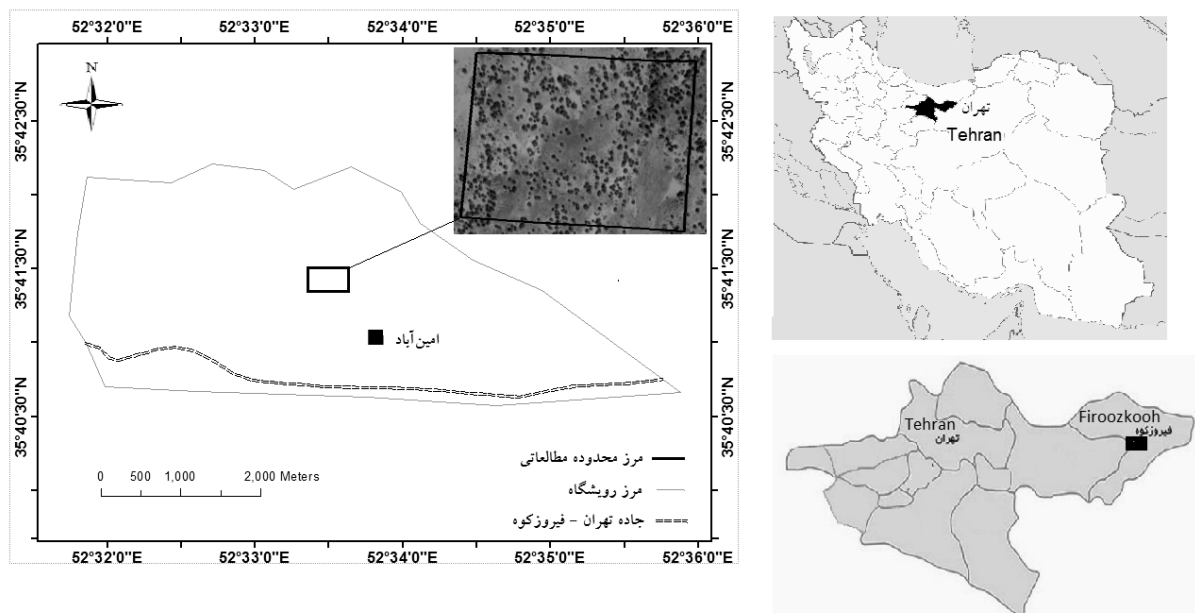
مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

رویشگاه ارس امین‌آباد به مساحت ۶۱۳ هکتار در ۲۰ کیلومتری غرب شهرستان فیروزکوه در استان تهران قرار داشته و از نظر موقعیت در محدوده طول

به این صورت که مساحت تاج تمامی درختان محاسبه و باهم جمع شده و به مساحت محدوده برداشت شده برحسب هکتار تقسیم شد. تعداد کل درختان اندازه-گیری شده نیز به مساحت منطقه مورد برداشت تقسیم شد. این دو مشخصه به عنوان مقادیر واقعی برای محاسبه صحت روش‌های نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گرفتند. با فراخوانی داده‌ها به نرم‌افزار ArcGIS نقشه موقعیت مکانی درختان تهیه شد.

شیب، مربع‌های 50×50 متری مشخص و در هر مربع علاوه بر اندازه‌گیری قطر تاج درختان با متر نواری، فاصله و آزیموت تمامی آنها تا گوشه پایین سمت چپ مربع اندازه‌گیری شد. با کمک روابط مثلثاتی برای هر درخت یک مختصات مکانی به صورت X و Y محاسبه و بر اساس کروکی محدوده مورد برداشت، اصلاحات لازم در مختصات انجام شد. داده‌ها در نرم‌افزار Excel وارد شد و تعداد در هکتار و تاج-پوشش در هکتار کل جنگل مورد محاسبه قرار گرفت.

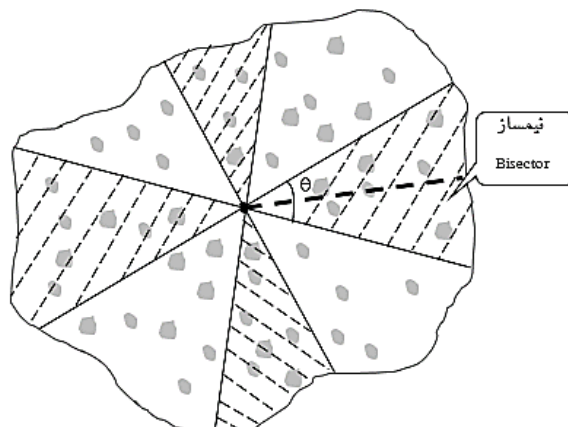


شکل ۱- محدوده منطقه مورد بررسی در رویشگاه ارس امین‌آباد
Figure 1. Study area in juniper forest, Amin abad, Firoozkooh

نیمساز قطعات انتخاب و پس از تصمیم‌گیری در مورد زاویه قطاع از نقطه انتخاب شده به مرز لکه خطوطی رسم و محدوده قطاع مشخص شد. در داخل این قطاع کلیه درختان مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفتند (شکل ۲).

نمونه‌برداری قطاعی

در روش نمونه‌برداری قطاعی، ابتدا نقطه‌ای به دلخواه در قسمتی از لکه درختی انتخاب و از آنجا با یک زاویه معین یک یا چند برش (قطاع) از درختان مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. انتخاب زاویه قرارگیری قطاع‌ها به صورت تصادفی انجام شد. به این صورت که، یک یا چند عدد بین صفر و 360° برای تعیین محل

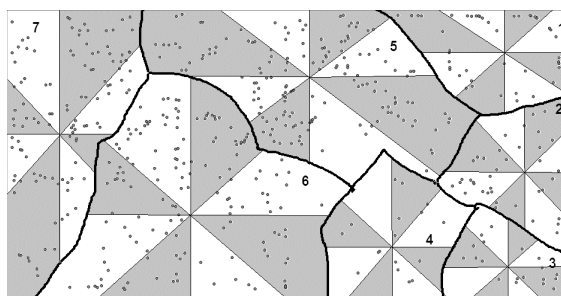


شکل ۲- شمای کلی از نحوه اجرای نمونه‌برداری قطاعی (قطاع‌های هاشور خورده برداشت می‌شوند)

Figure 2. General view of conducting sector sampling method

نتایج بهتری دارد. بر همین اساس در پژوهش پیش‌رو نقطه شروع قطاع‌ها در مرکز هندسی بخش‌ها قرار گرفت. شمارش درختان تا انتهای قطاع صورت گرفت و با توجه به عدم وجود مرز هندسی مشخص نیازی به کنترل درختان مرزی نبود. نقطه چرخش در هر بخش به صورت دلخواه و ترجیحاً در مرکز هندسی بخش و جهت قطاع‌ها به صورت منظم مشخص شد (شکل ۳). لازم به ذکر است که محاسبه تراکم برای هر یک از قطاع‌ها جداگانه انجام و سپس برای سناریوی چهار قطاعی میانگین گرفته شد. با توجه به زاویه انتخاب شده، برآوردهای تراکم برای هر قطاع در عدد هشت ضرب شد تا تراکم بخش محاسبه شود.

مقدار زاویه قطاع بستگی به ابعاد درختان و تراکم جنگل داشته و لازم است مقدار بهینه آن در هر پوشش گیاهی با آزمون مشخص شود. پس از برداشت درختان موجود در قطاع‌های انتخاب‌شده با توجه به اینکه چه سهمی از مساحت دایره را به خود اختصاص می‌دهند از طریق نسبت‌گیری، تراکم، تاج‌پوشش یا حجم در هکتار هر لکه درختی و در نهایت کل لکه‌های باقی‌مانده در جنگل مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در این پژوهش بر اساس عوارض توپوگرافی (یال و دره) هفت بخش (لکه) مشخص و در هر یک چهار قطاع با زاویه ۴۵ درجه به صورت منظم برداشت شد. نتایج بررسی Smith و همکاران (2007) نشان داده که انتخاب نقطه چرخش قطاع‌ها در وسط لکه



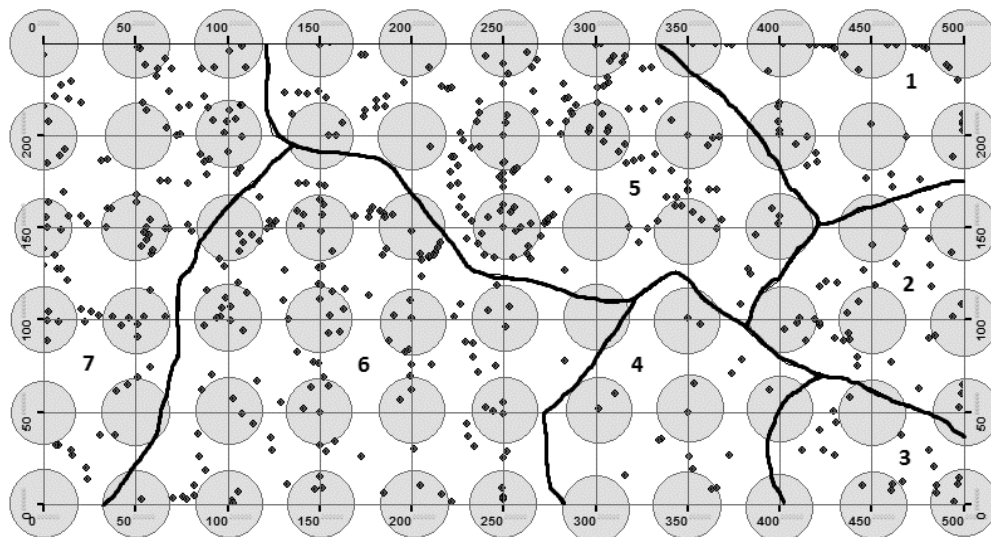
شکل ۳- آرایش قطاع‌های ۴۵ درجه در بخش‌های هفت‌گانه

Figure 3. Arrange of 45° sectors in seven parts

روش قطعه‌نمونه دایره‌ای

تعداد ۶۶ قطعه‌نمونه به شکل دایره‌ای، هریک به مساحت ۱۰ آر (۱۰۰۰ مترمربع) در قالب شبکه به ابعاد ۵۰×۵۰ متر تهیه و به صورت تصادفی روی نقشه موقعیت مکانی درختان قرار گرفت (شکل ۴). به این

ترتیب در بخش‌های هفت‌گانه به ترتیب ۷، ۶، ۴، ۱۳، ۶، ۱۷ و ۱۳ قطعه‌نمونه برداشت شد. در هر قطعه‌نمونه تعداد تمامی درختان ارس با ارتفاع بیش از ۱/۳ متر شمارش و تراکم در واحد سطح محاسبه شد.



شکل ۴- آرایش قطعات نمونه ۱۰ آری در بخش‌های هفت‌گانه

Figure 4. Arrange of 1000 m² sampling plots in seven parts

محاسبات و مقایسات آماری

برای هر یک از هفت قطعه مشخص‌شده، محاسبه تعداد در هکتار روش‌های قطاعی و دایره‌ای جداگانه انجام و سپس برای کل جنگل میانگین و حدود اعتماد مشخص شد. نمونه‌برداری در محیط نرم‌افزار ArcGIS و بر روی نقشه موقعیت مکانی انجام شد که شامل شمارش درختان به منظور محاسبه تراکم بود. با توجه به امکان محاسبه دقیق مساحت هر بخش، تعداد در هکتار واقعی آن مشخص شد. همچنین تراکم برآوردی با دو روش قطعه‌نمونه و قطاعی محاسبه و صحت برآوردها به دست آمد. اشتباه نمونه‌برداری و ریشه میانگین مربعات خطا (Root Mean Squared Error=RMSE) به عنوان معیار دقت و اریبی نسبی

به عنوان معیار صحت روش‌ها از روابط ۱ الی ۳ مورد محاسبه و مقایسه قرار گرفت.

$$E = \pm t \times SE \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$A = [(x - \mu) \div \mu] \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\hat{Y} - Y)^2}{n}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این روابط E اشتباه نمونه‌برداری، SE اشتباه معیار، t مقدار جدول استیودنت به‌ازای درجه آزادی n-1، A صحت یا درستی، μ میانگین حقیقی و x میانگین برآوردی توسط روش نمونه‌برداری هستند. لازم به‌ذکر است که درصد اشتباه نمونه‌برداری از تقسیم اشتباه نمونه‌برداری به میانگین به دست می‌آید. همچنین RMSE ریشه میانگین مربعات خطا، Y میانگین حقیقی، \hat{Y} میانگین برآوردی در هر نقطه نمونه

و n تعداد نمونه برداشت شده هستند. برای مقایسه دو روش، از آزمون t جفتی و برای مقایسه هر یک از روش ها با مقادیر واقعی حاصل از آماربرداری صد درصد نیز از آزمون t تک نمونه استفاده شد.

نتایج

آماره های توصیفی مربوط به تراکم جنگل در جدول ۱ ارائه شده اند. از آنجاکه تراکم واقعی $42/8$ پایه در هکتار اندازه گیری شد، اریبی منفی برای روش

جدول ۱- آماره های توصیفی تراکم جنگل (تعداد در هکتار) برای دو روش قطاعی و قطعه نمونه دایره ای

Table 1. Descriptive statistics of the variables studied for both sector and FAP methods

روش	میانگین	انحراف معیار	اشتباه نمونه برداری	درصد اشتباه نمونه برداری	اریبی نسبی درصد
Method	Mean	SD	E	E%	Relative bias%
قطعه نمونه FAP	37.76	29.58	6.03	15.96	- 11.77
چهار قطاعی Four-sector	42.98	27.08	8.7	20.24	+ 0.4

نظر به اینکه برداشت چهار قطاع در هر بخش ممکن است زمان زیادی به خود اختصاص دهد، محاسبات برای هر یک از قطاع ها به صورت جداگانه نیز انجام شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. همان گونه که ملاحظه می شود سناریوهای یک قطاعی مانند روش قطعه نمونه در بیشتر موارد اریبی منفی نشان می دهند. مقدار اریبی نسبی، زمانی که فقط یک قطاع برداشت می شود در برخی بخش های منطقه با سناریوی چهار قطاعی و همچنین با روش قطعه نمونه تفاوت چندانی ندارد؛ اما در بخش های بزرگ تر که مساحت بیشتری دارند مقدار اریبی زیادتر است. از این رو به نظر می رسد در لکه های کوچک تا یک هکتار برداشت یک قطاع کافی است اما در لکه های بزرگ بیش از یک قطاع باید برداشت شود.

جدول ۲- محاسبات صحت برآورد تراکم جنگل برای سناریوهای مختلف

Table 2. Accuracy calculations for various scenarios

بخش Part	تراکم واقعی (پایه در هکتار) Real Density (1-ha ⁻¹)	اریبی نسبی Relative bias				
		قطاع ۱ Sector 1	قطاع ۲ Sector 2	قطاع ۳ Sector 3	قطاع ۴ Sector 4	مجموع چهار قطاع Total
1	43	11.6	-6.9	-25.6	11.6	-2.3
2	40	20	-40	-20	20	-5
3	31.6	57.9	195.2	-57.9	68.6	36.07
4	14.1	136.1	-53.2	-10	-5.7	-5.6
5	53.2	11.3	41.7	31.6	56.9	35.4
6	41.9	29.8	-18.8	-35	-24.3	-12.1
7	50	125.4	-78	23.6	-27.4	10.9

قطاعی بوده اما نکته قابل توجه این است که واریانس مقادیر خطا در این روش کمتر بوده است که نشان از ثبات بیشتر در دقت برآوردهای روش قطعه‌نمونه در مقایسه با روش قطاعی دارد.

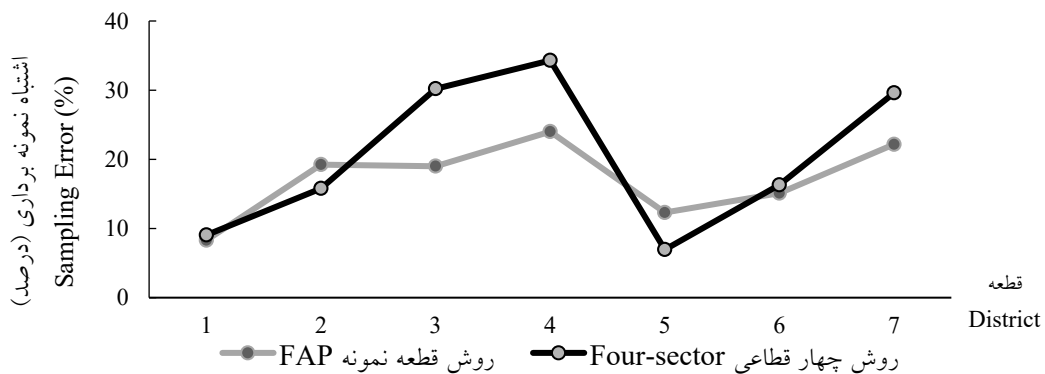
شکل ۵ تغییرات ریشه میانگین مربعات خطا در برآورد تراکم جنگل را برای روش‌های چهار قطاعی و قطعه‌نمونه در بخش‌های مختلف منطقه نشان می‌دهد. آن‌چنان‌که در شکل مشخص است، در اغلب بخش‌ها مقدار خطای روش قطعه‌نمونه بیشتر از روش چهار



شکل ۵- تغییرات RMSE برای برآورد تراکم جنگل توسط دو روش قطعه‌نمونه و چهار قطاعی در بخش‌های مختلف منطقه
Figure 5. RMSE variations of stand density for four-sector and FAP methods in different parts of the region

نداشته و گاه کمتر است؛ اما همانند آنچه در مورد RMSE بیان شد، واریانس مقادیر اشتباه نمونه‌برداری در روش قطعه‌نمونه با مساحت ثابت کمتر و ثبات در دقت برآوردها بیشتر است.

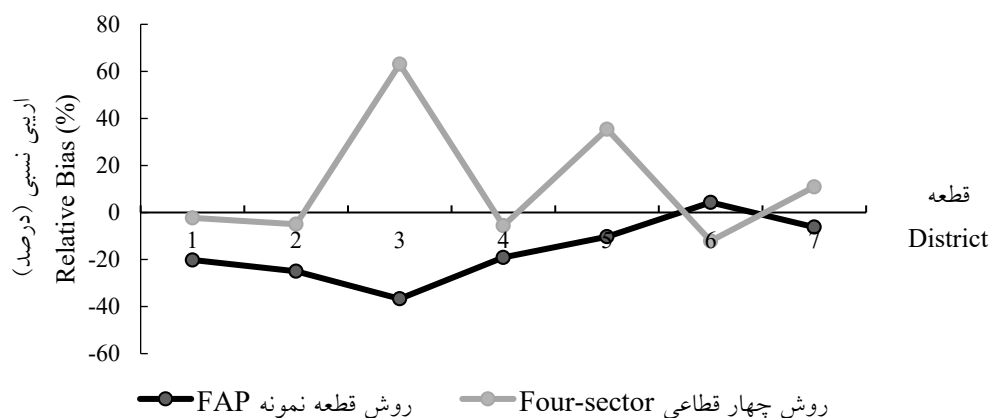
در خصوص اشتباه نمونه‌برداری، وضعیت دو روش در شکل ۶ مشاهده می‌شود. روش قطاعی در بخش‌های ۴ و ۷ اختلاف فاحشی از نظر اشتباه نمونه‌برداری با روش قطعه‌نمونه برای برآورد تعداد در هکتار جنگل، دارد اما در دیگر بخش‌ها تفاوت چندانی



شکل ۶- مقایسه مقدار و تغییرات اشتباه نمونه‌برداری برای برآورد تراکم جنگل توسط روش در بخش‌های مختلف منطقه
Figure 6. Comparison of sampling error rate and variations of stand density in different parts of the region

قطعه نمونه در برآوردهای خود کمتر تحت تأثیر مساحت بخش ها و پراکنش درختان قرار می گیرد و دارای ثبات بیشتری است؛ اما به هر حال در مجموع کل جنگل اریبی روش چهار قطاعی ناچیز و قابل توجه است.

در شکل ۷ مقدار اریبی دو روش قطاعی و قطعه- نمونه در بخش های مختلف منطقه مورد مقایسه قرار گرفته است. همان گونه که مشخص است هر دو روش در اغلب موارد اریبی منفی برای برآورد تعداد در هکتار جنگل داشته اما واریانس مقادیر در روش قطعه نمونه کمتر از روش قطاعی است. در واقع روش



شکل ۷- مقایسه مقدار و تغییرات اریبی نسبی برای برآورد تراکم جنگل توسط دو روش در بخش های مختلف منطقه

Figure 7. Comparison of bias rate and variations of methods in different parts of the region

روش های قطعه نمونه و چهار قطاعی، با مقدار واقعی اختلاف معنی داری ندارد (جدول ۳).

نتایج آزمون t تک نمونه نشان داد که برآورد انجام شده از میانگین تعداد در هکتار جنگل در هیچ یک از

جدول ۳- نتایج آزمون t تک نمونه برای مقایسه دو روش پلات با مساحت ثابت و قطاعی با واقعیت

Table 3. Results of one-sample t-test for comparing two methods with real data

P-value	T-value	درجه آزادی df	تعداد در هکتار Density (1.ha ⁻¹)	روش Method
0.126	-1.774	6	37.76	پلات با مساحت ثابت FAP
0.979	0.027	6	42.98	قطاعی Sector method
-	-	-	42.8	آمار برداری صد درصد Full inventory

انجام شده توسط روش قطاعی برای تراکم جنگل ۲۸/۵ درصد بیشتر از روش قطعه نمونه دایره ای بود (جدول ۴).

نتایج آزمون t جفتی نشان داد که از نظر آماری اختلاف معنی داری بین دو روش مورد بررسی در برآورد تراکم و تاج پوشش وجود ندارد. البته برآورد

جدول ۴- نتایج آزمون t جفتی برای مقایسه دو روش قطعه‌نمونه دایره‌ای و قطاعی

Table 4. Results of paired-samples t-test for comparing two methods

P-value	T-value	درجه آزادی df	تعداد در هکتار Density (1.ha ⁻¹)	روش Method
0.064	-2.267	6	37.76	پلات با مساحت ثابت FAP
			42.98	قطاعی Sector method

بحث

شدید جامعه مورد بررسی است به نحوی که با وجود تعداد نمونه زیاد به‌ویژه برای روش قطعه‌نمونه، بازم اشتباه بیش‌ازحد مجاز است. نظر به وجود الگوی کپه-ای در جوامع ارس این وضعیت غیرقابل اجتناب است و هر روش نمونه‌برداری در چنین شرایطی با تغییر سطح مورد برداشت دچار نوسان در نتایج خواهد بود. اگرچه در پژوهش پیش‌رو بررسی زمانی انجام نشده است، اما با توجه به اینکه تنها بخشی از لکه مورد برداشت قرار می‌گیرد، محل شروع قطاع به-دلخواه تعیین می‌شود و تنها شمارش به‌منظور برآورد تراکم انجام می‌شود سرعت اجرای این روش قابل‌توجه خواهد بود (Corona et al, 2011). البته شرایط توپوگرافی و تجربه گروه آماربرداری نقش مهمی در تعیین زمان موردنیاز برای نمونه‌برداری داشته، به‌علاوه در یک پوشش جنگلی پیوسته نیاز به تعیین محدوده لکه‌ها و مرز پیشروی قطاع خواهد بود. بر این اساس برداشت یک یا چند قطاع با طول نیمساز معین ممکن است در عمل با دشواری کمتری مواجه باشد.

بررسی مقادیر ریشه میانگین مربعات خطا و همچنین اشتباه نمونه‌برداری برای برآورد تراکم جنگل در بخش‌های مختلف منطقه مقادیر متفاوتی نشان داد که از نظر شاخص نخست روش چهارقطاعی و از نظر شاخص دوم روش قطعه‌نمونه بهتر بود اما در مجموع واریانس مقادیر خطا در روش قطعه‌نمونه کمتر بوده و

روش نمونه‌برداری قطاعی از سال ۲۰۰۶ و پس از معرفی در کانادا موردتوجه قرار گرفته است. با توجه به سهولت اجرا و اینکه در ارزیابی‌های اولیه ناریب بودن و کارایی بالای آن توسط ابداع‌کنندگان مورد تأکید قرار گرفته، لازم است در پوشش‌های مختلف گیاهی مورد آزمون قرار گیرد. در پژوهش MacGarrigle and Kershav (2016) جنگل‌های حاشیه رودخانه‌ای به بخش‌هایی تقسیم و عملکرد روش قطاعی در آنها مورد بررسی قرار گرفت. بر همین اساس در پژوهش حاضر باوجود لکه‌های درختی شبیه آنچه پس از قطع یکسره باقی می‌ماند، تلاش شد تا جنگل‌های ارس بر اساس عوارض توپوگرافی به بخش‌هایی تقسیم و سپس صحت و دقت روش قطاعی بررسی و با روش قطعه‌نمونه با مساحت ثابت مقایسه شود. علاوه بر این، میانگین برآوردها برای تراکم جنگل در دو روش با آماربرداری صددرصد مورد مقایسه قرار گرفت.

بر اساس نتایج، اشتباه آماربرداری برآورد تراکم جنگل در روش قطاعی ۲۱ درصد بیش از روش قطعه‌نمونه و در هر دو روش فراتر از حد مجاز بود. در پژوهش Tongson و همکاران (2011) نیز مقدار اشتباه آماربرداری در برآورد حجم جنگل‌های تایلند بیش از ۳۳ درصد به‌دست آمد. مقادیر زیاد اشتباه نمونه‌برداری در این پژوهش نشان‌دهنده ناهمگنی

میدانی قابل توصیه است که در بسیاری از پژوهشها ۱۵-۵ درجه آزمایش شده، اما در جوامع تنک به‌نظر می‌رسد زوایای کوچک اشتباه نمونه‌برداری زیادتری به‌دنبال داشته باشند.

همچنین در این پژوهش برای همه قطعات، محل شروع قطعات به‌صورت دلخواه در مرکز هندسی قطعه و جهت قطعات به‌صورت منظم انتخاب شد. این توقع وجود دارد که انتخاب نقطه شروع قطعات به‌صورت تصادفی، موجب کاهش واریانس بیشتری شود (Smith et al., 2008). از این‌رو برای پژوهش‌های آینده، انتخاب تصادفی محل شروع قطعات و همچنین تعیین تعداد و زاویه بهینه برای قطعات قابل توصیه است.

لازم به ذکر است که در صورت ناهمگنی پوشش گیاهی، کاهش زاویه قطعات اگرچه موجب صرفه‌جویی در زمان می‌شود، اما با توجه به کاهش تعداد درختان در هر قطعات و اینکه ممکن است بسیاری از قطعات برداشت شده بدون درخت باشند، به‌احتمال زیاد موجب اریبی بیشتر و افزایش اشتباه آماربرداری خواهد شد. این مسئله علت اصلی افزایش اشتباه نمونه‌برداری در این پژوهش بوده است. بر این اساس تعیین قاعده مناسب برای شمول تعداد معینی درخت در هر قطعات که با بررسی اولیه در هر جامعه گیاهی قابل تشخیص است نیز می‌تواند موضوع پژوهش‌های آینده باشد.

در نهایت به‌نظر می‌رسد روش قطاعی باوجود اریبی ناچیز، در جوامع ناهمگن و دارای الگوی کپه‌ای مانند جامعه ارس احتمال اشتباه نمونه‌برداری زیاد و متغیر داشته و با روش قطعه‌نمونه از نظر دقت قابل مقایسه نباشد. از طرفی، تفکیک لکه‌های درختی و اجرای روش قطاعی در آنها همانند آنچه در لکه‌های باقی‌مانده از قطع یکسره در کانادا انجام شده در عرصه

ثبات بیشتری داشت. به‌علاوه در این پژوهش مساحت بهینه برای قطعات نمونه مشخص نشده و تمامی قطعات ۱۰ آری در نظر گرفته شد که با تغییر مساحت امکان تغییر در نتایج اعم از اریبی و دقت وجود دارد.

تراکم برآوردی با روش قطعه‌نمونه با مساحت ثابت اریبی منفی و بیش از ۳۰ برابر روش قطاعی داشت. در روش چهارقطاعی اریبی مثبت و البته بسیار ناچیز بود؛ اما سناریوی تک‌قطاعی مانند روش قطعه‌نمونه اریبی منفی را در برآورد تاج‌پوشش نشان داد که مقدار آن زیاد بود. با در نظر گرفتن بخش‌های مختلف منطقه، واریانس مقادیر اریبی در روش قطعه‌نمونه کمتر از روش قطاعی بود. در واقع روش قطعه‌نمونه در برآوردهای خود کمتر تحت تأثیر مساحت بخش‌ها و پراکنش درختان قرار گرفت و دارای ثبات بیشتری بود؛ اما به‌هرحال در مجموع کل جنگل، اریبی روش چهارقطاعی بسیار ناچیز و قابل توجه بود.

نتایج آزمون‌های آماری نشان داد که اختلافی بین دو روش قطعه‌نمونه و چهارقطاعی با شاهد در برآورد تعداد در هکتار جنگل‌های ارس وجود ندارد (جدول ۳). بین دو روش نمونه‌برداری نیز اختلاف معنی‌دار از نظر آماری در برآورد تراکم جنگل وجود نداشت (جدول ۴). در پژوهش پیش‌رو چهارقطاعی در هر نقطه نمونه برداشت شد. برای تعیین تعداد بهینه قطعات، لازم است با افزایش تعداد آنها ضریب تغییرات صفت مورد بررسی با رسم نمودار ارزیابی شود. جایی که منحنی شروع به افقی شدن می‌کند مشخص‌کننده تعداد بهینه قطعات خواهد بود (Tongson et al., 2011). در هر صورت نتایج این تحقیق نشان داد که سناریوی تک‌قطاعی اشتباه نمونه‌برداری اشتباه نمونه‌برداری و اریبی زیادی داشته و قابل توصیه نیست. از طرفی برداشت چهارقطاعی زمان زیادی نیاز دارد. از این‌رو بررسی زوایای کمتر برای قطعات به‌منظور کاهش کار

در نظر گرفته شد. به هر حال با توجه به قابلیت‌های این روش و محاسن آن به‌ویژه ارزیابی ناچیز، پژوهش پیش‌رو به‌عنوان یک بررسی اولیه در جوامع ارس ایران اجرا و نتایج آن ارائه شده و بررسی‌های بیشتری به‌منظور ارزیابی کارایی این روش در نمونه‌برداری جنگل و تدوین استانداردهای مورد نیاز لازم است.

دشواری بوده و نیاز به کار دقتی قبل از اجرا (شبیبه نمونه‌بندی قبل از نمونه‌برداری) دارد. در واقع همانند پژوهش (McGarrigle and Kershav, 2016) ناچار به ترسیم مرزهایی به‌صورت مصنوعی خواهیم بود که در این پژوهش عوارض طبیعی (یال و دره) برای این بخش‌بندی در نظر گرفته و هر بخش به‌عنوان یک لکه

References

- Anonymous, 2007. Management plan for juniper forests of Amin-Abad Firoozkoo, Tehran Office of Natural Resources, 87 p. (In Persian).
- Chiriaco, M. V., 2010. On the extension of large-scale forest inventories to non-forest areas, University of Tuscia, Viterbo, Italy, 129 p.
- Corona, P., L. Fattorini & S. Franceschi, 2011. Two-stage sector sampling for estimating small woodlot attributes, *Canadian Journal of Forest Research*, 41(9): 1819-1826.
- Eskelson, B., P. D. Anderson & H. Tenesgen, 2013. Sampling and modeling riparian forest structure and riparian microclimate. In: Anderson, PD; Ronnenberg, KL, eds. Density management in the 21st century: west side story. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-880. Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 126-135. 880: 126-135.
- Iles, K. & N. J. Smith, 2006. A new type of plot that is particularly useful for sampling small clusters of objects, *Forest Sciences*, 52(2): 148-154.
- Lynch, T. B., 2006. Variance reduction for sector sampling, *Forest Science*, 52(3): 251-261.
- McGarrigle, E. & J. A. Kershav, 2016. Sector sampling in riparian zones in the Acadian forest region, University of Brunswick, 30 p.
- Mirzaei, M. & A. E. Bonyad, 2015. Investigation of sampling methods for modeling of diameter distribution of *Quercus persica* trees in the Zagros forests, *Forest Research and Development*, 1(2): 95-107. (In Persian).
- Ramin, M., SH., Shataee, H. Habashi & M. Khoshnevis, 2012. Investigation on some quantitative and qualitative characteristics of Juniper stands in Aminabad of Firouzkoh, *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 19(3): 21-40. (In Persian).
- Rice, B., A. R. Weiskittel & R. G. Wagner, 2014. Efficiency of alternative forest inventory methods in partially harvested stands, *European Journal of Forest Research*, 133(2): 261-272.
- Smith, N. J. & K. Iles, 2012. Sector sampling synthesis and applications, *Forests*, 3(1): 114-126.
- Smith, N. J., 2007. Sector sampling users guide, Ministry of Forests, Lands and Natural Resources Operations, CA, 12 p.
- Smith, N. J., K. Iles & K. Raynor, 2007. Sector sampling, British Columbia forests science program, 33 p.
- Smith, N. J., K. Iles & K. Raynor, 2008. Investigation of some sector sampling statistical properties, *Forest Sciences*, 54(1): 67-76.
- Tongson, P. K., K. Duangsathaporn & P. Prosomsin, 2011. Yield assessment of tree resources outside the forest using sector sampling: A case study of a public park, Bangkok, Metropolis, Thailand, *Natural Science*, 45: 396-403.

Investigating the accuracy and precision of sector sampling in juniper forests of Amin Abad, Firoozkooch

M. H. Seraj¹, B. Kiani^{*2} and M. Mirabdollahi³

1- M.Sc. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran.
(mehreailan@yahoo.com)

2- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran.
(bnkiani@yazd.ac.ir)

3- Ph.D. Candidate of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Nour, I. R. Iran. (mirabdollahi.morteza@yahoo.com)

Received: 11.01.2018

Accepted: 10.04.2018

Abstract

In this research, with the aim of investigating the capability of the sector sampling method in juniper forests and comparing it with the fixed area plot (FAP) method, a 12.5 hectare district was first taken continuously and point map of the trees was prepared. Seven parts were identified based on land physiography (crest and valley). For the sector sampling method, four sectors of 45 degrees were determined systematically and density was calculated. A network of circular plots in a 50×50 m grid was also specified and the density for each district was calculated. As actual density was determined in the whole forest, the accuracy and precision of estimates were calculated and compared. Estimates of the density were compared together using paired-samples t-tests and with actual data using one-sample t-test. The results showed that there was no significant difference between methods and with actual values. The sampling error was lower in FAP method, but sector sampling was obviously superior in accuracy. The root mean square error (NRMSE) of the estimates in FAP method was more than the sector sampling method, but the variance of the error values in the different parts of the region was less than the sector method, which indicates a more consistent sampling method.

Keywords: Inventory, Density, Juniper Forest, Sector Sampling.

* Corresponding author

Tel: +989139144256

