

دستیابی به ابعاد بهینه شبکه آماربرداری جنگل با استفاده از روش واریوگرافی در زمین آمار (بررسی موردی: سری ۵ طرح جنگلداری صفارود رامسر)

علی علیزاده*^۱، علی شیخ‌الاسلامی^۲، هادی کیادلیری^۳، صادق خزائی پول^۴، محمدرضا سلمانیان^۵ و محمد رضانی پول^۶

- ۱- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (alializadeh1359@yahoo.com)
- ۲- استادیار، گروه جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، چالوس، ایران. (islami@iauc.ac.ir)
- ۳- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران. (h-kiadaliri@srbiau.ac.ir)
- ۴- دانشجوی دکتری مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (Khazaei_sadegh34@yahoo.com)
- ۵- کارشناس ارشد جنگلداری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد چالوس، چالوس، ایران. (Mohammadreza.salmanian@yahoo.com)
- ۶- کارشناس ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (Ramezani1363@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۰۵

چکیده

این پژوهش برای دستیابی به ابعاد بهینه شبکه آماربرداری در جنگل با استفاده از روش واریوگرافی در زمین آمار در حوزه آبخیز ۳۰ جنگل صفارود رامسر به مساحت ۱۰۰ هکتار انجام شد. نمونه‌برداری در یک شبکه منظم با شروع تصادفی به ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ متر مربع انجام شد. برای تعیین همبستگی مکانی مناسب بین نمونه‌ها در فواصل کوتاه، از محل تقاطع اضلاع شبکه فوق، دو قطعه‌نمونه دیگر نیز به فاصله ۵۰ متر در دو جهت اصلی نسبت به قطعه‌نمونه‌های مرکزی برداشت شدند. هر قطعه‌نمونه از دو بخش هم‌مرکز دایره‌ای به مساحت سه و هفت آر تشکیل شد. ترسیم مدل انتخابی برای برآزش واریوگرام تجربی از مجموع قطعات نمونه زمین مرجع برای متغیرهای حجم و سطح مقطع برابرسینه در هکتار در سطح قطعه‌نمونه هفت‌آری نشان از وجود ساختار مکانی قوی و ارتباط معنی‌دار بین نمونه‌های اندازه‌گیری شده دارد. وجود ارتباط مکانی ضعیف بین نمونه‌ها برای متغیر سطح مقطع برابرسینه در هکتار در قطعه‌نمونه سه‌آری بیانگر ساختار مکانی ضعیف آن است.

واژه‌های کلیدی: ابعاد شبکه آماربرداری، زمین مرجع، سطح قطعه‌نمونه، واریوگرام تجربی.

مقدمه

بتوان حداکثر دقت را برای مشخصه‌های موردنظر به- دست آورد (Hassani Pak, 2014). از این روش‌های متعدد آماربرداری در جنگل به‌کار گرفته می‌شود که هرکدام با شبکه آماربرداری ویژه‌ای مورد عمل قرار می‌گیرد. از این قبیل پژوهش‌ها می‌توان به روش آماربرداری منظم تصادفی (سیستماتیک) با شبکه آماربرداری به ابعاد 200×200 مترمربع در جنگل‌های شورآب استان لرستان به مساحت ۱۵۰ هکتار اشاره کرد که توسط Goodarzi و همکاران (2016) مورد بررسی قرار گرفت. البته پژوهش دیگری را نیز می‌توان ذکر کرد که توسط Zabiolahi و همکاران (2015) در جنگل‌های زاگرس شمالی با روش نمونه‌برداری منظم تصادفی و شبکه آماربرداری 200×300 مترمربع، تعداد ۶۰ نقطه نمونه‌برداری و با استفاده از روش‌های فاصله‌ای نزدیک-ترین فرد، مربع‌تی و ترکیبی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به‌طوری‌که مشهود است از یک یا ترکیبی از روش‌های آماربرداری می‌توان برحسب نیاز بهره‌جست که به‌تبع آن هرکدام شبکه‌های آماربرداری خاص خود را می‌طلبند.

یکی از روش‌های دقیق آماری برای برآورد متغیرهایی که دارای ساختار مکانی هستند، استفاده از تجزیه و تحلیل‌های مکانی با برآورد کریجینگ به روش زمین‌آمار است. در زمین‌آمار به بررسی آن دسته از متغیرهایی پرداخته می‌شود که واجد ساختار مکانی هستند؛ به‌عبارت‌دیگر ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار فضایی (مکانی) بین داده‌ها پرداخته شده و سپس در صورت وجود ساختار مکانی، تحلیل داده‌ها انجام می‌گیرد. البته ممکن است نمونه‌های مجاور تا فاصله معین در قالب ساختار فضایی به‌هم وابسته باشند؛ در این حالت بدیهی است که مقدار تشابه بین مقادیر مربوط به نمونه‌های نزدیک‌تر، بیشتر است؛ زیرا در صورت وجود ساختار مکانی، تغییرات ایجاد شده در

یک برنامه‌ریزی اصولی و درست برای حفاظت و بهره‌برداری از جنگل نیاز به اطلاعات از وضعیت کمی و کیفی آن جنگل دارد. کسب اطلاعات کمی و کیفی موردنیاز برای برنامه‌ریزی با آماربرداری از جنگل شروع می‌شود (Zobeiri, 2009). امروزه دسترسی سریع به اطلاعات دقیق یک الزام در مدیریت به‌هنگام جنگل است؛ استفاده از روش‌های مختلف آماربرداری دقیق در تعیین برخی از متغیرهای توده‌های جنگلی می‌تواند مورد بحث و بررسی قرار گیرد؛ بنابراین انگیزه استفاده از روش زمین‌آمار در آماربرداری جنگل این است که بیشتر استفاده از نتایج آماربرداری‌های کلاسیک در سطوح وسیع (سری یا بخش) به‌منظور برآورد متغیرهای موردنظر در سطوح کوچک‌تر (پارسل)، از دقت قابل قبولی برخوردار نیست؛ درعین‌حال امروزه تقاضای زیادی برای استفاده از آماربرداری‌های منطقه‌ای یا ملی در سطوح مختلف وجود دارد که این موضوع از اهمیت ویژه‌ای در آماربرداری جنگل برخوردار است (Mandallaz, 1993). بررسی ساختار مکانی (فضایی) متغیرهای توده‌های جنگلی با استفاده از شیوه‌واریوگرافی به‌منظور بهبود ابعاد شبکه آماربرداری در جنگل یکی از موارد کاربرد آن است.

کسب اطلاعات دقیق کمی و کیفی از توده‌های جنگلی در اعمال مدیریت علمی و فنی در بوم‌سازگان-های طبیعی جنگل ضروری است. این اطلاعات در نتیجه آماربرداری یا نمونه‌برداری در مناطق جنگلی به-دست می‌آید. بهبود و دقت آماربرداری در محاسبات و بررسی‌های کمی و کیفی جنگل بر اساس نمونه‌های اندازه‌گیری شده از اهداف دیرین جنگلبانان بوده است. در آماربرداری روشی مناسب‌تر است که با توجه به هدف تعیین شده بتوان با کمترین هزینه به‌دقت موردنظر دست پیدا کرد و یا با هزینه تعیین شده برای این منظور

موجودی حجمی ارائه دهد و روش زمین‌آمار با ساختار جنگل مورد بررسی مطابقت ندارد؛ از این‌رو برای اصلاح شبکه آماربرداری واجد کارایی نیست. با این وجود در این پژوهش با مساحت‌های متفاوت شبکه آماربرداری، بررسی‌هایی با ماهیت‌های مختلف از پژوهش‌های پیشین، انجام شد.

Mohammadi و همکاران (2008) به مقایسه سنجش‌ازدور و زمین‌آمار در برآورد تعداد درختان در هکتار در جنگل‌های بلوط لوه گرگان پرداخته‌اند؛ به‌طوری‌که نتایج نشان داد با کریجینگ برآورد مناسبی از تعداد درختان در هکتار به دست می‌آید و سنجش‌ازدور نسبت به زمین‌آمار دارای میانگین مجذور مربعات کمتری است. Habashi و همکاران (2007) با بررسی کاربرد روش زمین‌آمار در پژوهش‌های خاک‌های جنگلی نتیجه گرفتند که دو متغیر اسیدیته و ماده آلی خاک دارای ساختار مکانی هستند و برآوردهای انجام شده در مورد آن‌ها از دقت بالایی برخوردار بود. Jost (1993) اشتباه آماربرداری به دو روش منظم و زمین‌آمار را در جنگل‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ همگن و همسال در آلمان مقایسه کرد. نتیجه پژوهش او نشان داد که دقت برآورد به روش زمین‌آمار بیشتر از روش کلاسیک است. در پژوهش دیگری Nieschulze (2003) روش زمین‌آمار را به‌منظور برآورد دقیق سطح توده‌های همسال جنگل سوزنی‌برگ جنوب آلمان که با استفاده از عکس‌های هوایی طبقه‌بندی شده بود، به کار برد؛ از نظر دقت و هزینه در مقایسه با روش کلاسیک به نتیجه بهتری دست یافت.

به‌طورکلی با درنظر گرفتن موارد ذکرشده فوق بدیهی است که در این پژوهش به بررسی متغیرهایی پرداخته شده است که دارای ساختار مکانی بوده‌اند؛ یعنی در شروع کار به ارزیابی وجود یا عدم وجود ساختار مکانی داده‌ها پرداخته شده و سپس در صورت

یک فضای معین قابلیت بیشتری برای تأثیرگذاری روی فضا‌های نزدیک به خود دارد؛ بنابراین از دیدگاه زمین-آمار هر نمونه تا یک حداکثر فاصله معین با نمونه‌های اطراف خود ارتباط فضایی دارد؛ این فاصله حداکثر که دامنه تأثیر نامیده می‌شود دارای اهمیت فراوانی است و در حقیقت نشان‌دهنده فاصله‌ای است که در آن می‌توان از تخمین‌گرهای زمین‌آمار استفاده کرد (Hassani, Pak, 2014). با این وجود، اطلاع از ساختار مکانی داده‌های یک متغیر و استفاده از آن در تعیین سطوح همگن در جنگل با کمک دانش زمین‌آمار، می‌تواند راهنمای مفیدی در دخالت‌های روش‌های مناسب جنگل‌شناسی، طرح‌های نمونه‌برداری مؤثر، تصمیم‌گیری‌های درست و در نهایت کاهش هزینه‌های مدیریتی باشد (Biondi, 1994).

اغلب تغییرات مکانی متغیرهای جنگل به‌گونه‌ای است که چندان با آمار کلاسیک قابل انطباق نیست؛ به دلیل اینکه این نوع آمار در توصیف ساختار مکانی داده‌ها، در مواقعی که نمونه‌های مجاور هم مستقل نباشند، ناتوان است و در نتیجه نمی‌تواند برآورد مناسبی از نقاط نمونه‌برداری نشده داشته باشد (Zahedi, 1998). درحالی‌که اگر تحلیل ساختار و پویایی جنگل بر اساس اطلاعات مربوط به تغییرات مکانی متغیرهای جنگل باشد، به برآورد مناسب‌تری از واقعیت منتج خواهد شد. افزون بر این با استفاده از همبستگی مکانی متغیرهای جنگل و تعیین دامنه تأثیر آن‌ها، یعنی درنظر گرفتن واریانس محیط نمونه‌برداری، می‌توان به ابعاد مناسب یک شبکه نمونه‌برداری مؤثر و بهینه برای برآورد مناسب‌تر دست یافت. Akhavan (2010) با مقایسه روش کلاسیک و روش زمین‌آمار در برآورد موجودی در بخش‌هایی از جنگل‌های شمال ایران دریافت که تمام درون‌یابی‌ها اریب بوده و کریجینگ نتوانسته است با وجود اثر قطعه‌ای زیاد در واریوگرام، برآورد مناسبی از

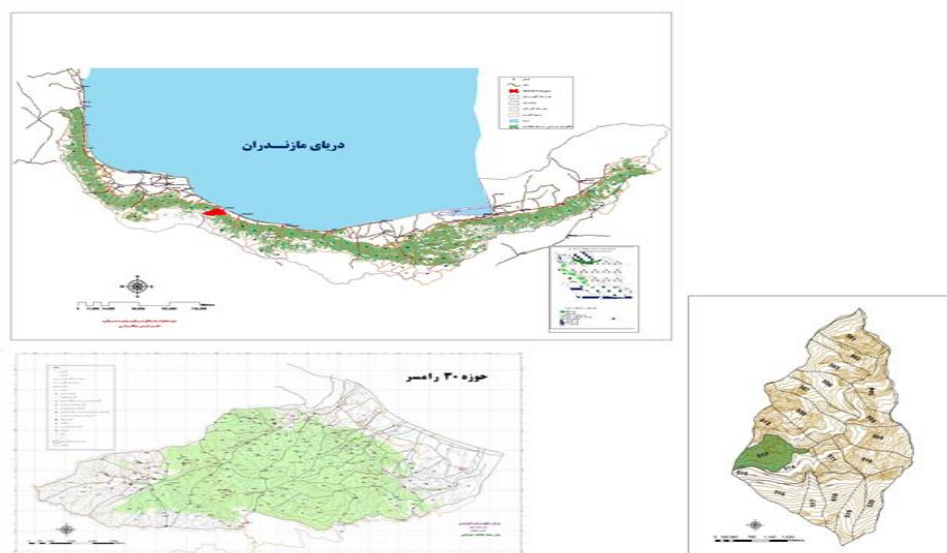
انجام شد به طوری که واجد کمینه و بیشینه ارتفاع از سطح دریای آزاد به ترتیب ۳۵۰ متر و ۲۱۵۰ متر است. مساحت سری، ۱۶۰۷ هکتار است و به تعداد ۲۰ پارسل تقسیم بندی شده که در این پژوهش پارسل ۵۱۳، به مساحت ۱۰۰ هکتار مورد بررسی قرار گرفته است. از نظر استحقاقی جزء جنگل های حوزه اداره کل منابع طبیعی استان مازندران - نوشهر (غرب مازندران) است. نزدیک ترین راه ارتباطی آن با شهر رامسر، جاده آسفالتی و ارتباطی رامسر به جواهرده است.

وجود ساختار مکانی، تجزیه و تحلیل داده ها انجام شده است؛ این پژوهش با هدف دستیابی به ابعاد بهینه شبکه آماربرداری جنگل با استفاده از روش واریوگرافی در زمین آمار به تعیین امکان کارایی این روش در برآورد موجودی حجمی، سطح مقطع برابرسینه در هکتار و بررسی ساختار مکانی آن ها پرداخته است.

مواد و روش ها

مشخصات منطقه مورد بررسی

این پژوهش در سری پنج اشکته چال طرح جنگلداری صفارود جزء جنگل های حوزه آبخیز شماره ۳۰ رامسر



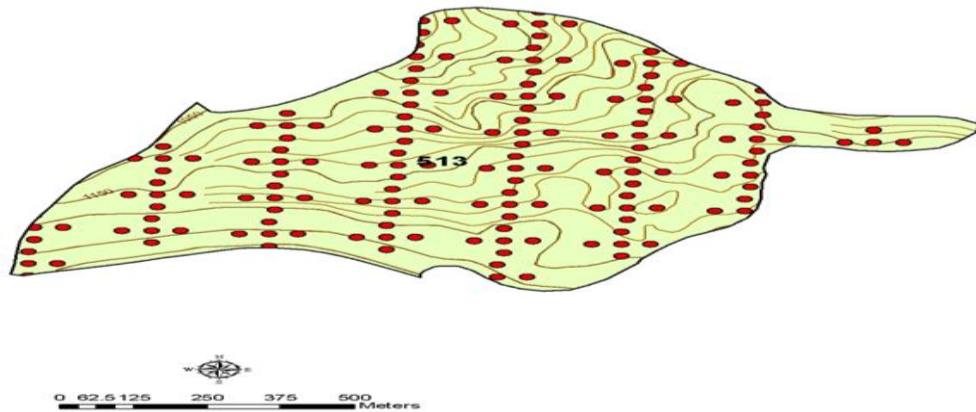
شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی

Figure 1. Location of Study area

شمال-جنوب، نسبت به قطعه نمونه های مرکزی برداشت شد. برای تعیین سطح مناسب قطعات نمونه در جنگل با رعایت این اصل که در انتخاب سطح قطعه نمونه حداقل باید ۱۰ الی ۱۵ اصله درخت در داخل هر قطعه نمونه باشد، دو قطعه نمونه به صورت هم مرکز در سطوح سه و هفت آری انتخاب شد (Zahedi, 1998).

روش پژوهش

با توجه به شبکه معمول آماربرداری در این جنگل، نمونه برداری بر اساس یک شبکه منظم با شروع تصادفی با ابعاد ۱۵۰ متر (شیب غالب) در ۲۰۰ متر انجام شد. برای برآورد مناسبی از همبستگی مکانی بین نمونه ها در فواصل کوتاه از محل تقاطع اضلاع شبکه اصلی، دو قطعه نمونه دیگر نیز به فاصله ۵۰ متر در دو جهت



شکل ۲- شبکه آماربرداری منطقه مورد بررسی

Figure 2. Study area grid

تفکیک درختان راش و ممرز و دیگر گونه‌ها استفاده شد. پس از تشکیل ابر نقاط و برازش مدل میان ابر نقاط در محیط نرم‌افزار Excel، رابطه رگرسیون حجم نسبت به قطر برابر سینه به دست آمد و به تبع آن حجم تمامی درختان اندازه‌گیری شده محاسبه شد. در ادامه محاسبات برای ترسیم نمودار تعداد در هکتار در طبقات قطری پنج‌سانتی متری در قطعات نمونه سه و هفت‌آری پس از تفکیک، تعداد درختان زیر ۳۷/۵ سانتی متر در ضریب ۰/۰۳ و تعداد درختان قطورتر از ۳۷/۵ سانتی متر در ضریب ۰/۰۷ ضرب شد. همچنین برای تجزیه و تحلیل‌های زمین‌آمار با توجه به زمین مرجع بودن نقشه رقوم، مختصات مراکز قطعات نمونه نیز استخراج و در برگه‌های مخصوص وارد شد.

پس از ورود داده‌های مربوط به هر یک از متغیرها به همراه مختصات مکانی به‌طور جداگانه برای هر یک از قطعات نمونه در محیط نرم‌افزار SURFER 8 با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف از نظر نرمال بودن مورد بررسی قرار گرفتند و داده‌هایی که دارای توزیع نرمال نبودند، با استفاده از روش لگاریتمی به توزیع نرمال رسیدند؛ سپس واریوگرام تجربی هر یک از متغیرها در دو سطح سه و هفت‌آری به‌طور جداگانه

در دو مرحله مجزا، کلیه درختانی که قطر برابر سینه آن‌ها از ۷/۵ الی ۳۷/۵ سانتی متر بودند در قطعات نمونه سه‌آری و درختانی که قطورتر از ۳۷/۵ سانتی متر بودند با تفکیک به صورت طبقات قطری یک سانتی متری در قطعات نمونه هفت‌آری اندازه‌گیری شد.

$$G = \pi/4 d^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه فوق d قطر برابر سینه در هکتار و G سطح مقطع برابر سینه به متر مربع است. سطح مقطع برابر سینه درختان در قطعات نمونه محاسبه و برای به دست آوردن سطح مقطع برابر سینه در هکتار، درختان قطعات نمونه سه‌آری در ضریب ۰/۰۳ و درختان قطعات نمونه هفت‌آری در ضریب ۰/۰۷ ضرب شد؛ سپس این دو مقدار به هم اضافه شد تا مقدار سطح مقطع برابر سینه در هکتار به ازای هر قطعه نمونه به دست آید.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

منحنی ارتفاع نیز با استفاده از ارتفاع‌های اندازه‌گیری شده دو درخت شاهد در هر قطعه نمونه ترسیم شد؛ به این صورت که پس از تشکیل ابر نقاط، نقاط خارج از محدوده حذف شد و منحنی ارتفاع بر روی ابر نقاط برازش شد. برای تعیین موجودی حجمی نیز از جدول‌های حجم گونه‌های جنگلی شمال کشور مربوط به سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۱ به

جدول ۱ نتایج کمی حاصل از اجرای این نمونه برداری را با استفاده از روابط نمونه برداری تصادفی نشان می-دهد که در آن حداقل، حداکثر و میانگین مشخصه های اصلی درج شده است. بالابودن ضریب تغییرات (CV%) در متغیر موجودی در هکتار نسبت به متغیر سطح مقطع برابر سینه در هکتار نشان دهنده تغییر پذیری بین داده های آن است.

ترسیم شد. مدل های مختلف واریوگرام به واریوگرام های تجربی برازش شد؛ از بین مدل های متفاوت برازش شده مدلی که دارای حداقل اثر قطعه ای بود به-عنوان بهترین مدل انتخاب و مشخصه های اثر قطعه ای، سقف و دامنه تأثیر مربوط به آن ها تشریح شد.

نتایج

نتایج کمی نمونه برداری با قطعات نمونه اصلی (۱۵۰×۲۰۰ مترمربع)

جدول ۱- نتایج کمی نمونه برداری ۳۳ قطعه نمونه در شبکه ۱۵۰×۲۰۰ مترمربع

Table 1. Quantitative results of 33 investigated plots in 150 m×200 m grid

ضریب تغییرات درصد Coefficient of variation (%)	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Average	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	متغیر Variable
34.41	334.80	973.06	1947.31	373.31	موجودی حجمی (m ³ /h) Growing stock (m ³ /h)
28.90	22.99	79.56	142.77	33.44	سطح مقطع برابر سینه (m ² /h) Basal area (m ² /h)

بین نقاط نمونه برداری (قطعات نمونه) در مقایسه با جدول ۱، میزان تغییر پذیری برای متغیرهای سطح مقطع برابر سینه و موجودی حجمی کاهش می یابد. قطعات نمونه نزدیک به هم نسبت به قطعات نمونه دورتر شباهت بیشتری دارند.

نتایج کمی نمونه برداری با قطعات نمونه جانبی (۵۰×۲۰۰ مترمربع)

جدول ۲ نتایج کمی حاصل از ۹۲ قطعه نمونه برداشت شده در کل منطقه مورد بررسی را نشان می دهد. نتایج به دست آمده در جدول نشان می دهد که با کاهش فاصله

جدول ۲- نتایج کمی نمونه برداری با ۹۲ قطعه نمونه در شبکه ۵۰×۲۰۰ مترمربع

Table 2. Quantitative results of 92 investigated plots in 50 m×200 m grid

ضریب تغییرات Coefficient of variation	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Average	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	متغیر Variable
31.64	307.913	973.06	1947.31	373.31	موجودی حجمی (m ³ /h) Growing stock (m ³ /h)
28.11	21.13	75.18	142.77	33.55	سطح مقطع برابر سینه (m ² /h) Basal area (m ² /h)

واریوگرافی قطعات نمونه هفت‌آری

مشخصات مدل‌ها در جدول ۳ آمده است. نتایج به‌دست آمده از محاسبات این جدول نشان می‌دهد که متغیرهای موجودی حجمی و سطح مقطع برابر‌سینه دارای ساختار مکانی هستند. میزان اثر قطعه‌ای برای هرکدام از

مشخصه‌ها متفاوت است؛ به‌طوری‌که برای متغیر موجودی حجمی میزان اثر قطعه‌ای حدود ۳۰ درصد و برای متغیر سطح مقطع برابر‌سینه در هکتار، ۶/۸۲ درصد محاسبه شد.

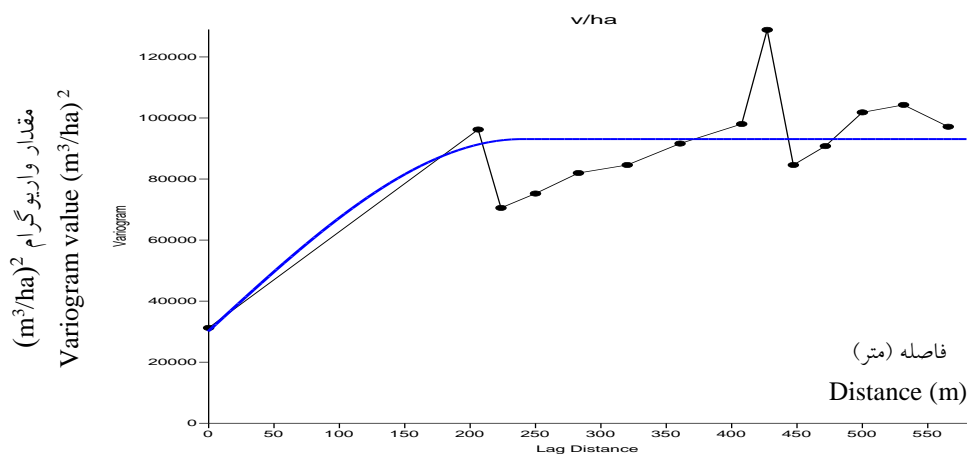
جدول ۳- مشخصات مدل‌های برازش‌شده بر واریوگرام‌های تجربی در قطعات نمونه هفت‌آری

Table 3. Specifications of fitted models on experimental variograms in 700 m² sample plots

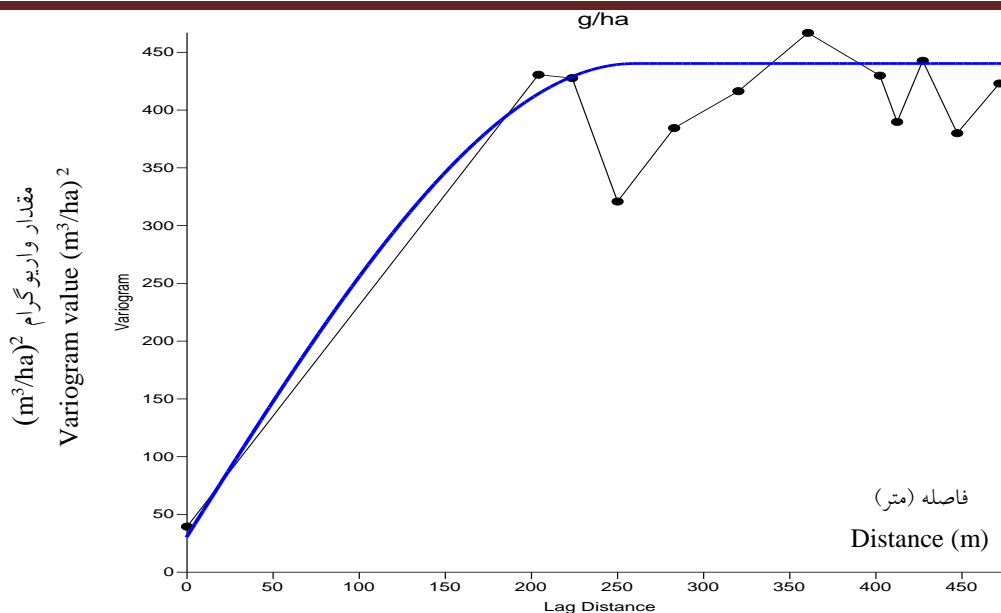
متغیر Variable	مدل برازش شده Fitted model	اثر قطعه‌ای Piece effect	واریانس ساختاردار Structural variance	دامنه تأثیر Scope of influence	حداکثر Maximum
موجودی حجمی (m ³ /h) Growing stock (m ³ /h)	کروی Spherical	30000	63000	240	9300
سطح مقطع برابر‌سینه (m ² /h) Basal area (m ² /h)	کروی Spherical	30	410	260	440

به‌عنوان حد قابل‌قبولی برای ابعاد شبکه نمونه‌برداری حاصل شد (شکل ۳). واریوگرام تجربی متغیر سطح مقطع برابر‌سینه در قطعات نمونه هفت‌آری بر اساس مدل کروی برازش‌شده، نشان‌دهنده درصد بالای بخش ساختاردار (۹۳/۱۸ درصد) است که این امر حاکی از این است که تنها ۶/۸۲ درصد از واریانس کل را بخش غیرتصادفی تشکیل می‌دهد (شکل ۴).

شکل‌های ۳ و ۴ واریوگرام‌های تجربی و مدل برازش‌شده آن‌ها را برای متغیرهای مورد بررسی نشان می‌دهند. مدل انتخابی برای برازش واریوگرام تجربی برای متغیر موجودی حجمی در قطعات نمونه هفت‌آری نشان می‌دهد که نسبت اثر قطعه‌ای حدود ۳۰ درصد است؛ بنابراین حدود ۷۰ درصد بخش ساختاردار و ارتباط مکانی آن مناسب است و دامنه تأثیر ۲۴۰ نیز



شکل ۳- واریوگرام تجربی (دوایر) و مدل برازش‌شده (خط ممتد) برای متغیر موجودی حجمی در قطعات نمونه هفت‌آری
Figure 3. Experimental variograms (Circles) and fitted model (Continuous line) for Growing stock in 700 m² sample plots



شکل ۴- واریوگرام تجربی (دوایر) و مدل برازش شده (خط ممتد) برای متغیر سطح مقطع برابر سینه در قطعات نمونه هفت آری

Figure 4. Experimental variograms (Circles) and fitted model (Continuous line) for Basal area in 700 m² sample plots

درصد است. به عبارتی، ۸۲/۱۴ درصد از کل واریانس محاسبه شده برای متغیر مورد نظر، واریانس مکانی بوده است که به بخش ساختاردار مربوط می شود و نشان-دهنده ساختار مکانی مطلوب است.

واریوگرافی قطعات نمونه سه آری

مشخصات مدل ها در جدول ۴ آمده است. محاسبات جدول ۴ نشان می دهد مقدار اثر قطعه ای واریوگرام های مربوط به متغیرهای موجودی حجمی به مقدار ۱۷/۸۶

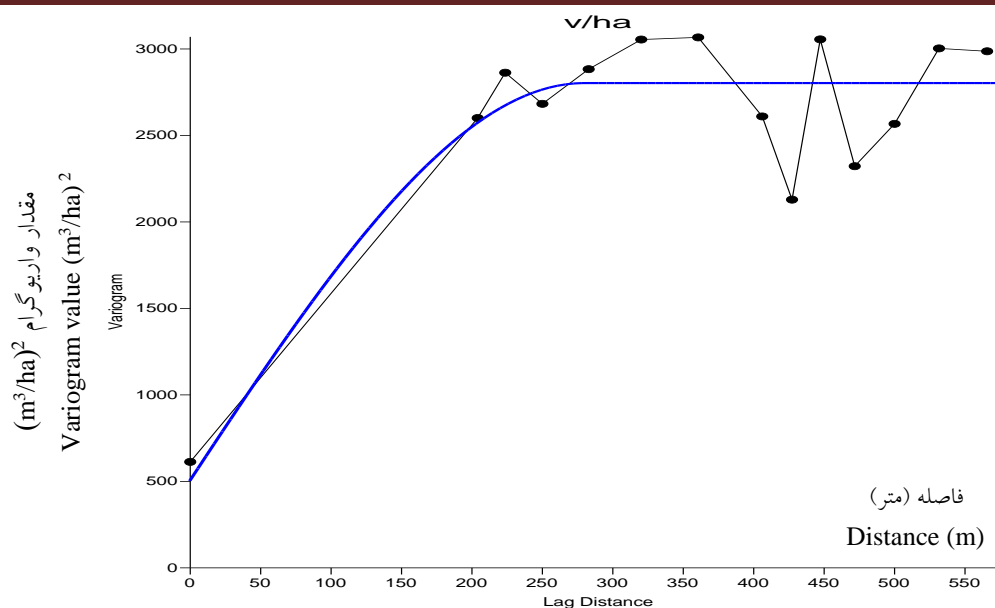
جدول ۴- مشخصات مدل های برازش شده بر واریوگرام های تجربی در قطعات نمونه سه آری

Table 4. Specifications of fitted models on experimental variograms in 300 m² sample plots

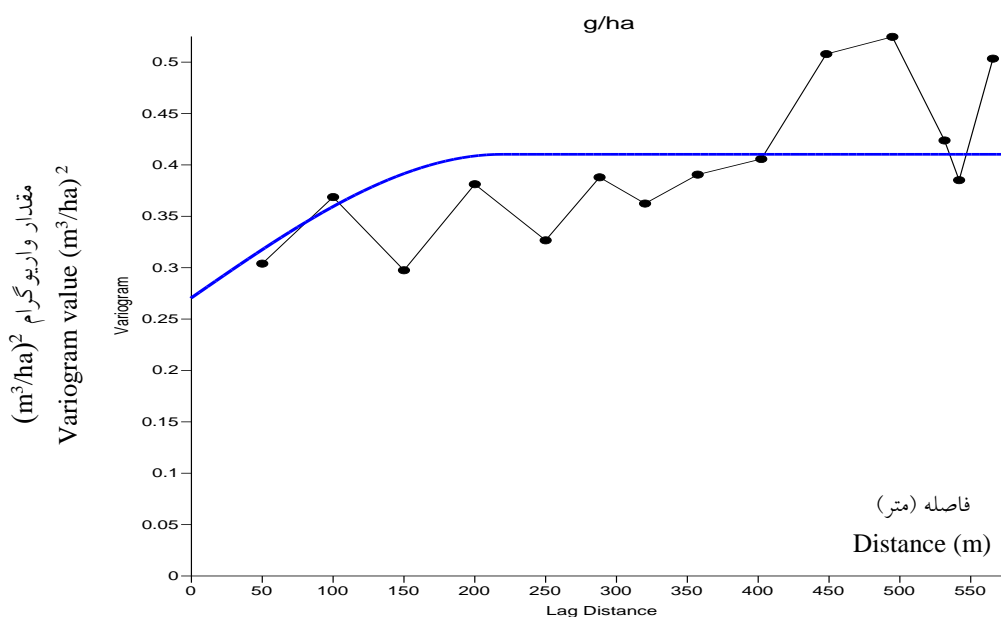
حداکثر Maximum	دامنه تأثیر Scope of influence	واریانس ساختاردار Structural variance	اثر قطعه ای Piece effect	مدل برازش شده Fitted model	متغیر Variable
2800	280	2300	500	کروی Spherical	موجودی حجمی (m ³ /h) Gronwing stock (m ³ /h)
0.41	220	0.14	0.27	کروی Spherical	سطح مقطع برابر سینه (m ² /h) Basal area (m ² /h)

می شود که بخش ساختاردار واریوگرام، ۳۴/۲ درصد واریانس کل را تشکیل می دهد و ۶۵/۸ درصد باقی مانده مربوط به بخش غیرساختاردار آن و نشان دهنده ساختار مکانی ضعیف است.

شکل های ۵ و ۶ واریوگرام های تجربی و مدل های برازش شده بر آن ها را برای متغیرهای مورد بررسی نشان می دهند. از مدل کروی برازش شده به واریوگرام متغیر سطح مقطع برابر سینه در قطعات نمونه سه آری مشخص



شکل ۵- واریوگرام تجربی (دوایر) و مدل برازش‌شده (خط ممتد) برای متغیر موجودی حجمی در قطعات نمونه سه‌آری
 Figure 5. Experimental variograms (Circles) and fitted model (Continuous line) for Growing stock in 300 m² sample plots



شکل ۶- واریوگرام تجربی (دوایر) و مدل برازش‌شده (خط ممتد) برای متغیر سطح مقطع برابرینه در قطعات نمونه سه‌آری
 Figure 6. Experimental variograms (Circles) and fitted model (Continuous line) for Basal area in 300 m² sample plots

این صورت به‌کار بردن روش زمین‌آمار چندان مفید نبوده و استنباط‌ها و تخمین‌های زمین‌آماری وابسته به آن از اعتبار کمی برخوردار است. در خصوص اثر قطعه‌ای می‌توان گفت عوامل متعددی ممکن است در تغییرپذیری اثر قطعه‌ای دخالت داشته باشند؛ از علل این

بحث

نسبت اثر قطعه‌ای به مقدار سقف واریوگرام یکی از اصول اساسی در زمین‌آمار به‌شمار می‌رود؛ در حالتی که این مقدار بیش از ۵۰ درصد محاسبه شود، ساختار مکانی موجود در واریوگرام ضعیف خواهد بود و در

بالا بودن مقدار اثر قطعه‌ای به دست آمده است که خود ناشی از عواملی چون خطای وابسته اندازه‌گیری‌ها (خطاهای سیستماتیک و تصادفی اندازه‌گیری) و ناهمگنی محیط نسبت به توزیع مکانی اجزای نمونه است.

در راستای بررسی ساختار مکانی (وجود یا عدم وجود) بین متغیرهای موجودی حجمی و سطح مقطع برابر سینه مواردی بدیهی است؛ به گونه‌ای که با توجه به واریوگرام‌های ترسیم شده در قطعات نمونه سه و هفت آری برای متغیرهای مورد بررسی، مشخص شد که بین متغیرهای مورد نظر ساختار مکانی وجود دارد؛ به طوری که این ساختار برای متغیرهای سطح مقطع برابر سینه و موجودی حجمی در قطعات نمونه هفت آری دقیق‌تر (مشهودتر) از ساختار مکانی همان متغیرها در قطعات نمونه سه آری است؛ به این علت که با توجه به تغییرات موجود از مجموع واریانس محاسبه شده، درصد بالایی از آن مربوط به بخش ساختاردار بوده و مقدار اندکی مربوط به بخش واریانس غیرتصادفی است. از موارد بررسی شده در این پژوهش، دست‌یابی به ابعاد بهینه شبکه آماربرداری در جنگل با استفاده از ساختار مکانی و دامنه تأثیر واریوگرام‌های به دست آمده است؛ این دامنه برای واریوگرام‌های مختلف ۲۴۰ متر حاصل شد؛ این فاصله بیانگر حداکثر دامنه‌ای است که در طول آن نمونه‌ها با یکدیگر همبستگی مکانی (فضایی) دارند و می‌تواند الگویی برای رسیدن به ابعاد شبکه نمونه‌برداری در جنگل باشد (Akhavan, 2010).

با توجه به اینکه پژوهش‌های مشابه، هیچ‌کدام نتایج محاسبات واریوگرام‌ها را برای قطعات نمونه به تفکیک سطح انجام نداده‌اند، تنها می‌توان به پژوهش (Akhavan, 2010) اشاره کرد که بر این اساس بوده است؛ با این تفاوت که در پژوهش‌های مربوط به واریوگرافی نتیجه کاملاً متفاوتی حاصل شد؛ به گونه‌ای

تغییرپذیری را می‌توان خطای وابسته به اندازه‌گیری‌ها، ناهمگنی محیط نسبت به توزیع مکانی اجزای نمونه و ناهمگنی ترکیبی اجزای سازنده ذکر کرد. همچنین عوامل دیگری را نیز می‌توان نام برد که در علل بروز اثر قطعه‌ای دخالت دارند؛ از قبیل عوامل انسانی، عوامل طبیعی مانند بروز طوفان و بادافتادگی درختان، آتش‌سوزی در جنگل، حمله آفات و امراض و نیز دخالت‌های ایجاد شده در جنگل‌ها مانند جاده‌سازی و قطع و برش درختان که آنالیز نمودارهای حاصله از انجام این پژوهش نیز متأثر از اثر عوامل فوق بوده است؛ هرچند که در این بررسی در سطوح مختلف قطعات نمونه، واریوگرام‌های متفاوت به دست آمده است (Hasani Pak, 2014).

اگر ما بخواهیم کلیه نتایج خود را بر اساس معیار استحکام ساختار مکانی بین متغیرها که همان نسبت اثر قطعه‌ای به سقف واریوگرام است، بنا بگذاریم و این نسبت (بخش ساختاردار) چنانچه بیش از ۵۰ درصد محاسبه شود، ساختار مکانی موجود در واریوگرام ضعیف خواهد بود؛ بنابراین محاسبه بخش ساختاردار برای متغیرهای موجودی حجمی و سطح مقطع برابر سینه در قطعات نمونه هفت آری به ترتیب ۶۷/۷۴ درصد و ۹۳/۱۸ درصد تعیین شد و مقدار بخش ساختاردار برای متغیر موجودی حجمی در قطعات نمونه سه آری ۸۲/۱۴ درصد محاسبه شد. با توجه به آنچه ذکر شد، چنین نتیجه می‌گیریم که ساختار مکانی متغیرهای ذکر شده قوی (دقیق‌تر) است که به پایین بودن مقدار اثر قطعه‌ای ۳۲/۲۶ درصدی موجودی حجمی و ۶/۸۲ درصدی سطح مقطع برابر سینه برمی‌گردد. همچنین تحلیل‌ها نشان داد که نسبت بخش ساختاردار در متغیرهای سطح مقطع برابر سینه در قطعات نمونه سه و هفت آری کمتر از ۵۰ درصد است که ساختار مکانی ضعیفی دارد؛ علت نبود ساختار مکانی مطلوب در آن را

پیشنهاد می‌شود برای دست‌یابی به نتیجه بهتر با استفاده از روش زمین‌آمار در جنگل‌های شمال کشور، پژوهش‌های گسترده‌تری انجام شود. همچنین توصیه می‌شود در آینده پژوهش‌هایی مشابه این پژوهش با سطوح قطعات نمونه مختلف انجام شود تا علاوه بر بررسی تغییر پایه در واریوگرام‌های به‌دست‌آمده با اطمینان بیشتر بتوان از نتایج آن در بخش‌های کاربردی سود جست.

که در پژوهش‌های مذکور، روش زمین‌آمار با ساختار ناهمگن برخی مناطق جنگلی ناهمسال و کوهستانی شمال مطابقت و کارایی کافی ندارد. شایان‌ذکر است که از علل اصلی ایجادکننده تفاوت زیاد نتایج به‌دست‌آمده این پژوهش در مقایسه با دیگر پژوهش‌های وابسته به ساختار و وضعیت توده‌ای جنگل‌های مورد بررسی است؛ به‌طوری‌که حد تغییرات در فواصل مورد بررسی بسیار زیاد بوده که بروز اثر قطعه‌ای زیاد واریوگرام‌های به‌دست‌آمده را با توجه به دخالت‌های انسانی و روند تغییرات تدریجی متغیر جنگل موجب شده است.

References

- Akhavan, R., Gh. Zahedi Amiri & M. Zobeiri, 2010. Spatial variability of forest growing stock using geostatistics in the Caspian region of Iran, *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 8(1): 43-53. (In Persian)
- Biondi, F., D. E. Myers & C. C. Avery, 1994. Geostatistically modeling stem size and increment in an old-growth forest, *Canadian Journal of Forest Research*, 24(7): 1354-1368.
- Goodarzi, M., M. R. Zargaran, A. Banj Shafiei & M. Tavakoli, 2016. The effect of geographical directions and location on dispersion of Oak decline, Shurab forest area, Lorestan Province, Iran, *Forest Research and Development*, 2(3): 273-287. (In Persian)
- Habashi, H., S. M. Hosseini, J. Mohammadi & R. Rahmani., 2007. Geostatistic applied in forest soil studying processes, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14 (Natural Resources Specialty-Attachment): 18-27. (In Persian)
- Hassani Pak, A. A., 2014. Geostatistics, fifth edition. University of Tehran Press, Iran, Tehran, 314 p.
- Jost, A., 1993. Geostatistische analyse des stichprobenfehlers stichproben. Ph.D. thesis. University of freiburg. Breigau, Germany, 90 p.
- Mandallaz, D., 1993. Geostatistical methods for double sampling schemes: Application to combined forest inventories. Habilitation Thesis. Chair of Forest inventory and Planning, Department of Forest and Wood Sciences. ETH-Zentrum, Zürich (Swiss Federal Institute of Technology: ETH), 147 p.
- Mohammadi, J., Sh. Shataii, H. Habashi & F. Yaghmaee, 2008. Comparison of Remote Sensing and Geostatistics Techniques in forest tree density estimation, Case Study Loveh Forests, Gorgan, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(1: Natural Resources Specialty): 15(1): 10-21. (In Persian)
- Nieschuleze, J., 2003. Regionalization of variables of Sample based forest inventories at the district level. Ph.D. thesis. Faculty of forest Science and forest ecology. Georg-August University. Goettingen, Germany, 119 p.
- Zabiollahi, S., N. Shabanian, M. Namiranian & M. Heydari, 2015. Spatial distribution of wooden species in Northern Zagros forests (Case study: Havare-khol forests), *Forest Research and Development*, 1(1): 17-29. (In Persian)
- Zahedi Amiri, Gh., 1998. Relation between ground vegetation and soil characteristic in a mixed hardwood stand. Ph.D. thesis. University of Gent. Belgium, 319 p.
- Zobeiri, M., 2009. Forest Inventory: Measurement of Tree and Forest, fifth edition. University of Tehran Press, Iran, Tehran, 401 p.

Achieving optimal dimensions for systematic sampling of forest using variography method in geostatistics (case study: series 5 of Safarood Ramsar forestry plan)

A. Alizadeh^{*1}, A. Sheykholeslami², H. Kiadaliri³, S. Khazaei Poul⁴, M.R. Salmanian⁵ and M. Ramezani poul⁶

1- Ph.D. Student of Forest Management, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmehsara, I. R. Iran. (ecology2020@yahoo.com)

2- Assistant Professor, Department of Forestry, Islamic Azad University of Chalous Branch, Chalous, I. R. Iran. (islamiali@iauc.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University of Science and Research Branch, Tehran, I. R. Iran. (h-kiadaliri@srbiau.ac.ir)

4- Ph.D. Student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, I. R. Iran. (Khazaei_sadegh34@yahoo.com)

5- M.Sc. of Forestry, Islamic Azad University of Chalous Branch, Chalous, I. R. Iran. (Mohammadreza.salmanian@yahoo.com)

6- M.Sc. Forestry, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, I. R. Iran. (Ramezani1363@yahoo.com)

Received: 26.05.2018

Accepted: 14.01.2019

Abstract

This study was conducted to determine the optimal systematic sampling dimensions in forest using Variogram analysis in geostatistics in Catchment Area 30, Safarood forest of Ramsar, with a total area of 100 ha. Sampling was done within a systematic grid (200m×150m) with randomly starting point. To determine the correct spatial correlation between specimens at short distances, from the intersection of the sides of the grid, two other samples were taken at a distance of 50m in two main directions from the central sample plot. Each piece of the sample consisted of two common-centered circular area of 300 and 700m². The analysis of the selected model for fitting the experimental variogram of the total reference sample plots for the variables of growing stock and basal area/ha indicates the existence of a strong spatial structure and a significant relationship between the measured samples in the 700m² sample plots. The existence of a weak spatial relationship between samples for basal area/ha in 300m² sample plots indicate a weak spatial structure in these plots.

Keywords: Systematic Sampling Dimensions, Geostatistics, Sample plot Area, Experimental variogram.

* Corresponding author

Tel: +981155244559