

مقایسه روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم در الگوی پراکنش تصادفی شبیه‌سازی شده

مجتبی عیدی^{۱*}، عطا... ابراهیمی^۲، اسماعیل اسدی^۲، هرمز سهرابی^۳ و حمزه‌علی شیرمردی^۴

*۱- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، ایران، پست الکترونیک: mojtaba_eidi@yahoo.com

۲- عضو هیئت علمی، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه شهرکرد، ایران

۳- عضو هیئت علمی، گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

۴- کارشناس ارشد پژوهش، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی چهار محال و بختیاری، شهرکرد، ایران

تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۲۹

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۲/۸

چکیده

به منظور مقایسه روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم از نظر صحت، دقت، زمان و کارایی در الگوی پراکنش تصادفی عرصه‌ای، مطالعاتی در منطقه کرسنگ واقع در بخش شرقی شهرستان شهرکرد بر روی چهار گونه گیاهی مناسب انجام شد. عرصه مطالعاتی با مساحت ۳۲۰۰۰ مترمربع (۱۶۰×۲۰۰) به هشت محدوده ۴۰۰۰ مترمربعی (۴۰×۱۰۰) تقسیم‌بندی شد. تعداد کل افراد هر گونه در هر محدوده به طور کامل شمارش شده و به عنوان پایه‌ای برای شبیه‌سازی قرار گرفت. شبیه‌سازی ۸ محدوده ۴۰۰۰ مترمربعی در نرم‌افزار Stochastic Geometry انجام گردید. روش‌های فاصله‌ای مورد مقایسه عبارت بودند از: روش نزدیک‌ترین همسایه، نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین سومین فرد، زوج‌های تصادفی، یک چهارم نقطه مرکزی، زاویه منظم، چارک سرگردان و ترانسکت متغیر و روش شمارش دقیق تعداد افراد هر گونه در هر محدوده که به عنوان شاهد انتخاب گردید. گونه‌هایی که با توجه به منطقه مورد مطالعه انتخاب شد شامل: *Astragalus effuses* (L.)، *Astragalus billardieri* (F. Delaroché)، *Eryngium*، *Astragalus rhodosemius* (Boiss. & Housskn.) و *Astragalus verus* (Olivier.) بود. الگوی توزیع جوامع گیاهی مناطق مورد بررسی با دو شاخص هایپوکینز و ابرهارت مشخص گردید. به منظور بررسی صحت، اختلاف نسبی تراکم برآورده شده در هر روش با شاهد (خطای برآورد تراکم) محاسبه شده و به منظور مقایسه دقت روش‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای محاسبه کارایی از انحراف معیار و زمان به عنوان معیارهای اصلی استفاده گردید. نتایج نشان داد اگر در برآورد تراکم معیار زمان به عنوان شاخصی از هزینه مد نظر باشد روش‌های نزدیک‌ترین فرد و نزدیک‌ترین همسایه، در توجه به اهمیت معیار صحت روش زوج تصادفی و در توجه به معیار دقت می‌توان روش ترانسکت متغیر را به عنوان کاراترین روش دانست.

واژه‌های کلیدی: تراکم، دقت، روش فاصله‌ای، شبیه‌سازی، کارایی.

ممکن انجام گیرد (Pearson & Sternitzke, 1974).

بنابراین روش‌های متعددی برای برآورد آماره‌های کمی در مرتع به عنوان محیطی برای حفظ ذخایر ژنتیکی و تنوع گیاهان و موجودات خاکزی طراحی شده که هر یک با توجه به خصوصیات جامعه گیاهی، زمان، صحت، تجربه و نیروی متخصص مناسب می‌باشند (Derner et al., 2006; Raiesi)

مقدمه

یک اصل اساسی در نمونه‌گیری انتخاب روشی است که با کمترین هزینه و زمان، بیشترین صحت و دقت را داشته باشد و در عین حال باعث به هم خوردن پوشش یا محدوده مطالعاتی نشده و جمع‌آوری داده با آنها نیز در کمترین زمان

همکاران (۲۰۰۸)، از مقایسه روش‌های یک چهارم نقطه مرکزی، نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین همسایه، زوج تصادفی و زاویه منظم نتیجه گرفتند که در الگوی پراکنش تصادفی به سمت یکنواختی و بندرت کپه‌ای، روش نزدیک‌ترین همسایه نزدیک‌ترین تراکم برآورد به مقدار شاهد را دارد. از بین روش‌های نزدیک‌ترین فرد، نزدیک‌ترین همسایه، زوج‌های تصادفی، یک چهارم نقطه مرکزی، زاویه منظم و کوادرات، روش نزدیک‌ترین همسایه و زوج‌های تصادفی، تراکم را با صحت خوبی برآورد می‌کنند (Borhani, 2001).

Basiri و همکاران (۲۰۰۶) هم از مقایسه روش یک چهارم نقطه مرکزی، روش زوج‌های تصادفی، روش نزدیک‌ترین همسایه و چارک سرگردان نتیجه گرفتند که روش یک چهارم نقطه مرکزی، زوج‌های تصادفی و چارک سرگردان با روش شمارش کل افراد به‌عنوان شاهد اختلاف معنی‌داری دارند و تنها روش نزدیک‌ترین همسایه است که با روش شاهد یکسان بوده و اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد. تفاوت اساسی که این مطالعه با مطالعات مشابه دارد علاوه بر اینکه هر چهار عامل دقت، صحت، زمان و کارایی را یک‌جا بررسی می‌کند، بلکه برتری آن در استفاده و معرفی یک روش کاملاً جدید شبیه‌سازی تراکم با نرم‌افزار Stochastic Geometry است که می‌تواند تحولی عظیم در عرصه مطالعات تراکم و الگوهای پراکنش گیاهی ایجاد نماید. Stochastic Geometry یا هندسه تصادفی که در نجوم (Martinez & Saar, 2001)، جنگل‌داری (Torquato, 2002) و بسیاری علوم دیگر کاربرد دارد به بررسی الگوهای تصادفی شامل خط، نقطه و یا اشیاء می‌پردازد. این روش که اولین بار در آنالیز مرتع به‌کار می‌رود نه تنها قابلیت شبیه‌سازی تراکم با هر اندازه‌ای را دارد، بلکه توانایی آن در شبیه‌سازی الگوهای یکنواخت، تصادفی و کپه‌ای بسیار منحصر به فرد بوده است. کاربرد Stochastic Geometry در اینجا ساختن الگوی پراکنش تصادفی با تعداد مورد نظر که از عرصه گرفته شده است، می‌باشد؛ به این صورت که با دادن دستور اندازه تراکم و نوع الگوی پراکنشی که مورد نظر

یکی از شاخص‌های (et al., 2005; Barger et al., 2004). مورد ارزیابی مراتع، تراکم (انبوهی) است. تراکم که یک خصوصیت مطلق و قابل کمی کردن است همان تعداد پایه در واحد سطح می‌باشد (Mesdaghi, 1998). یکی از روش‌های اندازه‌گیری تراکم روش‌های فاصله‌ای می‌باشد. این روش‌ها نه تنها در تخمین تراکم به‌کار گرفته می‌شوند، بلکه در تخمین تولید و پوشش گیاهی نیز کاربرد دارند؛ و برای تعیین تغییرات به وجود آمده در تراکم و ترکیب قابل استفاده‌اند (Heyting, 1968; Laycock, 1961). بررسی‌های مختلفی در راستای انتخاب بهترین روش در بین روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم انجام شده که برخی در بین روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم روش نزدیک‌ترین همسایه را برای برآورد تراکم در جمعیت‌های تصادفی (Lyon, 1968)، روش‌های زوج تصادفی و نزدیک‌ترین همسایه را از نظر کارایی و سرعت در برآورد تراکم جمعیت‌های کپه‌ای (Sanadgol & Moghadanm, 2004) و یا روش یک چهارم نقطه مرکزی را بهترین روش دانستند (Cottam et al., 1953).

در جوامع دارای توزیع تصادفی Strickler و Stearns (۱۹۶۲) و در جوامع کپه‌ای Mirjalili و همکاران (۲۰۰۸)، دارای تخمین نزدیک به واقعیت بوده‌اند. برخی محققان دلیل صحت بالای روش یک چهارم نقطه مرکزی را نسبت به دیگر روش‌ها، اندازه‌گیری چهار فاصله به جای دو فاصله اندازه‌گیری شده دانسته‌اند (Beasom & Hauke, 1975). در طی یک مطالعه، Musaei Sanjarei و Basiri (۲۰۰۸) در بوته‌زارهایی که پراکنش گیاهان تصادفی بوده روش‌های چهارمین و سومین نزدیک‌ترین فرد را از نظر نزدیک‌ترین برآورد به مقدار واقعی به‌عنوان روش مناسب معرفی نمودند. محققان معتقدند روش یک چهارم نقطه مرکزی و نزدیک‌ترین فرد میزان تراکم را در جوامع با الگوی پراکنش یکنواخت بیشتر از مقدار واقعی و در جوامع با الگوی پراکنش کپه‌ای کمتر از مقدار واقعی تخمین می‌زند (Laycoak & Batcheler, 1975). مطالعاتی نیز در زمینه مقایسه روش‌های فاصله‌ای انجام شده است؛ Mirjalili و

است نرم‌افزار تمام شرایط خواسته شده را در هر اندازه پلاتی که بخواهیم فراهم می‌کند. در این مطالعه به مقایسه روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم در الگوی پراکنش تصادفی شبیه سازی شده با کمک تعداد پایه شمارش شده در عرصه به‌عنوان مبنای شبیه‌سازی می‌پردازیم.

مواد و روش‌ها
ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

منطقه کرسنگ ناحیه‌ای نیمه کوهستانی، نیمه استپی و مرتفع با اقلیم مرطوب فراسرد در استان چهارمحال و بختیاری و در شهرستان شهرکرد قرار دارد. موقعیت جغرافیایی آن بین ۲۹° ۳۰' ۳۲" تا ۳۲° ۳۲' ۳۳" عرض شمالی و ۴۴° ۲۷' ۵۰" تا ۵۹° ۲۹' ۰۹" طول شرقی و در حوزه آبخیز بارده و ورع‌الله واقع شده است.

روش کار

محدوده‌ای به مساحت ۳۲۰۰۰ مترمربع (۲۰۰×۱۶۰ متر) به گونه‌ای انتخاب شد که حداقل دارای چهار گونه مناسب برای این مطالعه باشد. سپس محدوده انتخاب شده را به ۸ قطعه مساوی به ابعاد ۱۰۰×۴۰ متر (۴۰۰۰ مترمربع) تقسیم کرده و تمام افراد هر گونه در هر یک از محدوده‌های ۴۰۰۰ مترمربعی به‌طور کامل شمارش شدند و به‌عنوان شاهد برای هر گونه در هر قطعه در نظر گرفته شد و تراکم برآورده شده با استفاده از هر یک از روش‌های مورد مطالعه، با آن مقایسه شدند. گونه‌های انتخاب شده برای این تحقیق *Eryngium billardieri*، *Astragalus effusus*(L.) (F. Delaroché)، *Astragalus* (Boiss & Houskn.)، *rhodosemius* و *Astragalus verus* (Olivier) بودند. روش‌های اندازه‌گیری تراکم در این تحقیق عبارتند از: روش نزدیک‌ترین همسایه (Nearest neighbor)، نزدیک‌ترین فرد (Closest individual)، نزدیک‌ترین سومین فرد (Third closest individual)، زوج‌های تصادفی (Random pairs)، یک چهارم نقطه مرکزی (Point center quarter)، زاویه منظم (Angle order)، چارک سرگردان (Wandering quarter) و ترانسکت متغیر (Variable area)

تعین تعداد افراد هرگونه در هر قطعه ۴۰۰۰ مترمربعی در عرصه به‌عنوان مبنای، اقدام به شبیه‌سازی شد. عملیات شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزارهای Stochastic Geometry و Arc View با شبیه‌سازی هشت قطعه مساوی به ابعاد ۱۰۰×۴۰ متر (۴۰۰۰ مترمربع) - مشابه عرصه - با تعریف الگوی پراکنش مورد نظر (در این مطالعه تصادفی) برای هر گونه انجام گردید. خصوصیت نرم‌افزار Stochastic Geometry این است که توانایی شبیه‌سازی هر الگوی پراکنش با هر اندازه تراکم را دارد. در محیط شبیه‌سازی در هر محدوده ۴۰۰۰ مترمربعی یک ترانسکت ۱۰۰ متری به مرکزیت ضلع کوچک مستقر و در امتداد هر ترانسکت ۱۰ نقطه به روش تصادفی - سیستماتیک به فاصله حدوداً ۹ متر از یکدیگر مشخص گردید. در هر نقطه هر هشت روش برای هر کدام از گونه‌ها به‌صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع برای هر روش فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم ۸۰ نمونه (۸ ترانسکت و هر ترانسکت ۱۰ نقطه) اندازه‌گیری شد. زمان انجام هر یک از روش‌های فاصله‌ای تراکم در هر نقطه نمونه‌برداری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت (از زمان پیدا کردن گونه مورد نظر تا پایان اندازه‌گیری فاصله). به‌طوری که زمان کلی در هر روش عبارت است از: مجموع زمان عملیات صحرائی و یک سوم زمان انجام محاسبات که براساس فاصله و میزان کارهای صحرائی این تناسب متغیر است (Mirjalili et al., 2008). برای اطمینان از درستی تعیین الگوی پراکنش مکانی گونه‌ها از دو شاخص هایپکینز و ابرهات استفاده شده است. در شاخص هایپکینز از داده‌های حاصل از فاصله‌های نقاط تصادفی تا نزدیک‌ترین پایه همسایه و نیز داده‌های حاصل از فاصله این گیاه تا نزدیک‌ترین گیاه همسایه آن استفاده می‌گردد و در شاخص ابرهات فاصله هر یک از نقاط تصادفی تا نزدیک‌ترین گیاه اندازه گرفته می‌شود. با فرض نرمال بودن داده‌ها صحت تراکم به‌دست آمده با محاسبه اختلاف نسبی تراکم برآورده شده در هر روش با شاهد (خطای برآورد تراکم در هر روش) محاسبه شد. وجود اختلاف در

امتداد ترانسکت در هر یک از نقاط تصادفی رو به نزدیک‌ترین گیاه ایستاده و بعد دست‌ها را باز می‌کنیم؛ بنابراین دو خط فرضی تشکیل خواهد شد، و بعد فاصله نزدیک‌ترین گیاه در روبه‌روی خود را تا نزدیک‌ترین گیاه در پشت سر خود (در هر طرف ترانسکت که باشد) اندازه می‌گیریم (Cottam & Curtis, 1956). در روش یک چهارم نقطه مرکزی با اندازه‌گیری فاصله از نقطه نمونه‌برداری تا نزدیک‌ترین گیاه موجود در چهار ربع متشکله از خطی عمود بر ترانسکت در اطراف نقطه نمونه‌برداری انجام می‌شود (Moghaddam, 2006). روش زاویه منظم مانند روش یک چهارم نقطه مرکزی است، با این تفاوت که در هر ربع سومین گیاه نزدیک به نقطه تصادفی اندازه‌گیری و به‌عنوان فاصله در آن ربع در نظر گرفته می‌شود (Morisita, 1957). در روش چارک سرگردان، ابتدا در امتداد ترانسکت یک گیاه به‌طور تصادفی انتخاب می‌شود، سپس در محل این گیاه دو خط که هر یک با ترانسکت اصلی زاویه ۴۵ درجه می‌سازند ایجاد شده، سپس فاصله نزدیک‌ترین گیاه به گیاه اول در این ربع ۹۰ درجه اندازه‌گیری می‌شود. سپس در محل این گیاه همانند گیاه اول یک ربع ۹۰ درجه ایجاد کرده و در این ربع نزدیک‌ترین گیاه به آن را اندازه‌گیری می‌کنیم (Catana, 1963).

فرمول محاسباتی روش‌های مذکور بشرح زیر می‌باشد:

$$D=A/(2d)^2 \quad \text{نزدیک‌ترین فرد}$$

$$D=A/(1.67d)^2 \quad \text{نزدیک‌ترین همسایه}$$

$$D=A/(0.8d)^2 \quad \text{زوج‌های تصادفی}$$

$$D=A/(d)^2 \quad \text{یک چهارم نقطه مرکزی}$$

$$D=A/(d)^2 \quad \text{زاویه منظم}$$

$$D=A/(d)^2 \quad \text{چارک سرگردان}$$

$$D=(nN-1)/(\pi \Sigma r^2) \quad \text{نزدیک‌ترین سومین فرد}$$

در این فرمول‌ها، D تراکم، n سومین گیاه نزدیک به نقطه تصادفی، A واحد سطح، d متوسط فواصل، N تعداد نقاط تصادفی، π عدد ۳/۱۴، r فواصل اندازه‌گیری شده و w پهنای ثابت در نظر گرفته شده است.

تراکم‌های بدست آمده از روش‌های نمونه‌برداری با استفاده از تحلیل واریانس بررسی و در صورت وجود اختلاف برای تحلیل‌های بیشتر از آزمون‌های چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. برای مقایسه دقت روش‌ها، میانگین تراکم و انحراف معیار از میانگین هر یک از روش‌ها محاسبه گردیده و بعد میانگین انحراف معیار روش‌ها تعیین گردید. میانگین انحراف معیار پایین‌تر نشان‌دهنده دقت بالاتر هر روش می‌باشد. البته هر قدر تراکم‌های بدست آمده با استفاده از یک روش اندازه‌گیری به هم نزدیک‌تر باشند، واریانس بین تکرارها کمتر می‌شود، بنابراین روش مورد مطالعه از دقت بیشتری برخوردار خواهد بود. کارآیی هر کدام از روش‌ها با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (Mesdaghi, 2004).

$$E=RT \times RV \quad \text{رابطه (۱)}$$

نسبت مدت زمان گرفتن یک نمونه با فاصله معین به حداقل مدت زمان گرفتن یک نمونه با فاصله معین $RT=$ نسبت^۲ (انحراف معیار نمونه‌های با فاصله معین) به^۲ (حداقل انحراف معیار فواصل یک روش) $RV=$ مقدار کارآیی ارتباط معکوس با مقدار E دارد. به صورتی که هرچه مقدار E به صفر نزدیکتر شود کارآیی افزایش می‌یابد.

روش محاسبه تراکم: برای روش نزدیک‌ترین سومین فرد، فاصله هر یک از نقاط تصادفی تا سومین گیاه نزدیک به آن اندازه‌گیری می‌شود. در روش ترانسکت متغیر، در امتداد ترانسکت یک پهنای ثابت در هر دو سوی ترانسکت در نظر گرفته می‌شود، سپس در مسیر حرکت ترانسکت نقاط تصادفی را پیدا کرده و سومین گیاه نزدیک به نقطه تصادفی را در محدوده پهنای در نظر گرفته شده پیدا نموده و فاصله بین این دو اندازه‌گیری می‌شود (Saadatfar et al., 2007). در روش نزدیک‌ترین فرد، فاصله نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین گیاه به نقطه، بدون توجه به جهت آن اندازه‌گیری می‌شود (Cottam & Curtis, 1956). در روش نزدیک‌ترین همسایه به جای اندازه‌گیری فاصله بین یک نقطه تا گیاه، فاصله بین دو گیاه اندازه‌گیری می‌شود (Cottam, et al., 1953). برای روش زوج‌های تصادفی، در

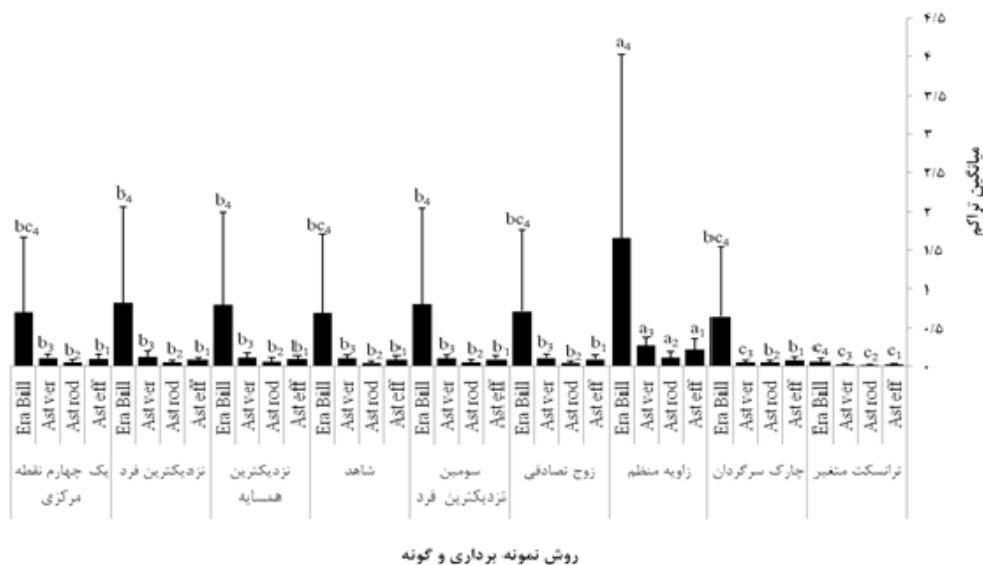
نتایج

Astragalus verus (Olivier.) نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار روش‌های به‌کار رفته بجز روش‌های ترانسکت متغیر، چارک سرگردان و زاویه منظم با روش شاهد بود (شکل ۱، حروف کوچک لاتین با اندیس ۳). همچنین با مقایسه میانگین تراکم‌های به‌دست آمده برای گونه *Eryngium billardieri* (F.Delaroche.) بجز روش زاویه منظم، سایر روش‌های به‌کار رفته فاقد اختلاف معنی‌دار با روش شاهد بوده‌اند (شکل ۱، حروف کوچک لاتین با اندیس ۴).

مقایسه میانگین تراکم‌های به‌دست آمده از روش‌های مختلف در الگوی پراکنش مکانی تصادفی، به روش آنالیز چند دامنه دانکن در سطح خطای ۵ درصد برای گونه *Astragalus effuses* (شکل ۱، حروف کوچک لاتین با اندیس ۱) و گونه *Astragalus rhodosemius* Boiss & Housskn (شکل ۱، حروف کوچک لاتین با اندیس ۲) مشخص شد که بجز روش زاویه منظم و ترانسکت متغیر، سایر روش‌های به‌کار رفته فاقد اختلاف معنی‌دار با روش شاهد (شمارش دقیق کل افراد) بوده‌اند. در گونه

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس گونه‌ها (تراکم برحسب تعداد در واحد سطح)

<i>Eryngium billardieri</i>			<i>Astragalus verus</i>			<i>Astragalus rhodosemius</i>			<i>Astragalus effuses</i>			منابع تغییر		
df	F	میانگین مربعات	df	F	میانگین مربعات	df	F	میانگین مربعات	df	F	میانگین مربعات			
۸	۳	۰/۳۳۰	۸	۲۷	۰/۰۰۰	۸	۱۰	۰/۰۰۵	۸	۱۴	۰/۰۰۰	۸	۵۶	۰/۰۰۲
		۰/۳۶۲			۰/۰۰۱			۰/۰۰۱					۵۶	
													۷۲	

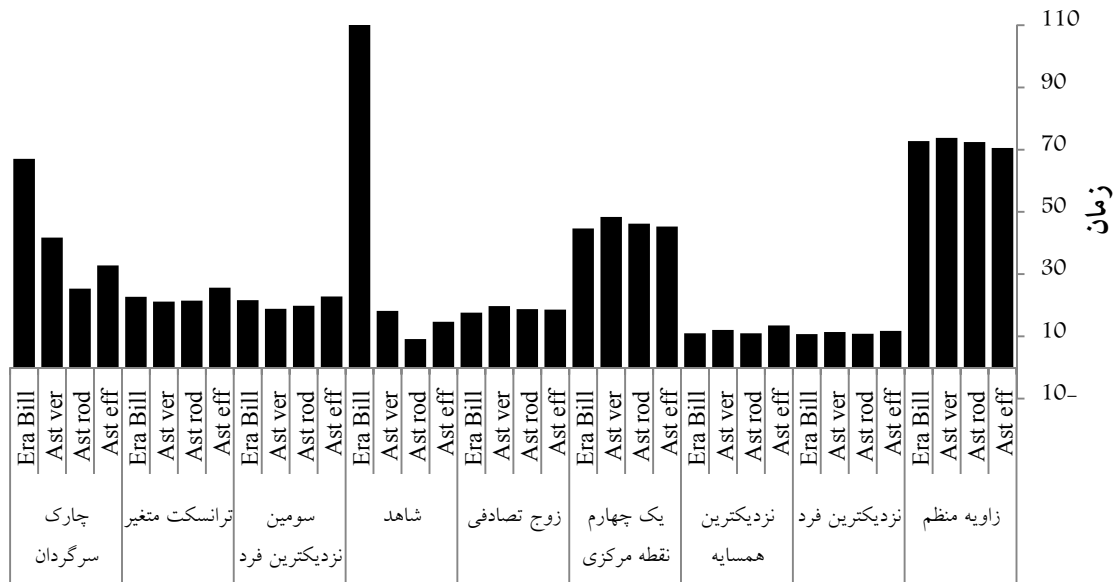


شکل ۱- میانگین تراکم روش‌های مختلف در هر گونه در الگوی پراکنش تصادفی

منظم دارای کمترین دقت در بین روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم می‌باشد. نتایج بررسی‌ها در گونه *Astragalus verus* (Olivier) نشان داد که پس از روش ترانسکت متغیر که دارای بیشترین دقت در میان روش‌ها می‌باشد، روش‌های چارک سرگردان، سومین نزدیک‌ترین فرد، زوج تصادفی، یک چهارم نقطه مرکزی، نزدیک‌ترین همسایه و نزدیک‌ترین فرد در رتبه‌های بعدی از نظر دقت قرار گرفته‌اند. روش زاویه منظم کمترین دقت را در بین روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم به خود اختصاص داده است. بررسی گونه *Eryngium billardier* (F. Delaroche) نشان داد که پس از روش ترانسکت متغیر، روش‌های چارک سرگردان، یک چهارم نقطه مرکزی، زوج تصادفی، نزدیک‌ترین همسایه، سومین نزدیک‌ترین فرد و نزدیک‌ترین فرد دارای بیشترین دقت و روش زاویه منظم دارای کمترین دقت در بین روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم می‌باشد. از نظر زمان سریع‌ترین روش میان روش‌های فاصله‌ای مورد استفاده برای اندازه‌گیری تراکم در گونه *Astragalus effuses* (L.) مربوط به روش نزدیک‌ترین فرد با ۱۱/۷۵ دقیقه و پس از آن روش نزدیک‌ترین همسایه با ۱۳/۵۳ دقیقه در مقام بعدی قرار داشته است. کندترین روش در این‌جا روش زاویه منظم با ۷۰/۵۵ دقیقه بوده است که بیشترین زمان را به خود اختصاص داده است. در گونه *Astragalus rhodosemius* (Boiss & Houskn) سریع‌ترین روش اندازه‌گیری تراکم نزدیک‌ترین فرد با ۱۰/۸۳ دقیقه و پس از آن روش نزدیک‌ترین همسایه با ۱۱ دقیقه بوده است. کندترین روش در این‌جا روش زاویه منظم با ۷۲/۴۷ دقیقه بدست آمده است. سریع‌ترین روش اندازه‌گیری تراکم گونه *Astragalus verus* (Olivier) به روش نزدیک‌ترین فرد با ۱۱/۴۰ دقیقه و پس از آن روش نزدیک‌ترین همسایه با ۱۲/۰۸ دقیقه قرار دارد. روش زاویه منظم با ۷۳/۷۷ دقیقه بیشترین زمان را به خود اختصاص داده است. برای گونه *Eryngium billardieri* (F. Delaroche) سریع‌ترین روش، روش نزدیک‌ترین فرد با ۱۰/۷۵ دقیقه و پس از آن روش نزدیک‌ترین همسایه با

در گونه *Astragalus effuses* نزدیک‌ترین برآورد به روش شاهد مربوط به روش نزدیک‌ترین فرد با ۰/۶۷ درصد، پایین‌ترین تخمین و روش سومین نزدیک‌ترین فرد با ۶/۷ درصد تخمین بالا بوده است. روش زاویه منظم با ۱۵۷/۷ درصد تخمین بالا دارای اختلاف معنی‌دار با روش شاهد بوده است. در گونه *Astragalus rhodosemius* نزدیک‌ترین برآورد به روش شاهد مربوط به روش زوج تصادفی با ۱/۶ درصد تخمین بالا و روش ترانسکت متغیر با ۵۹/۹ درصد تخمین پایین بوده است. روش زاویه منظم با ۱۴۷ درصد تخمین بالا دارای اختلاف معنی‌دار با روش شاهد بوده است. در گونه *Astragalus verus* نزدیک‌ترین برآورد به روش شاهد مربوط به روش زوج تصادفی با ۰/۶۸ درصد تخمین بالا و روش سومین نزدیک‌ترین فرد با ۲/۵ درصد تخمین پایین بوده است. بیشترین اختلاف با شاهد مربوط به روش زاویه منظم بوده است، به‌نحوی که با ۱۵۲ درصد تخمین بالا دارای اختلاف معنی‌دار با روش شاهد بوده است. در گونه *Eryngium billardieri* نزدیک‌ترین برآورد به روش شاهد مربوط به روش چارک سرگردان با ۶/۶ درصد تخمین پایین و روش یک چهارم نقطه مرکزی با ۱/۸ درصد تخمین بالا بوده است. بیشترین اختلاف با شاهد مربوط به روش زاویه منظم بوده است، به‌نحوی که با ۱۳۸ درصد تخمین بالا دارای اختلاف معنی‌دار با روش شاهد بوده است. نتایج حاصل از بررسی انحراف معیار روش‌های مورد بررسی برای گونه *Astragalus effuses* (L.) نشان داد که پس از روش ترانسکت متغیر، روش‌های نزدیک‌ترین فرد، چارک سرگردان، نزدیک‌ترین همسایه، سومین نزدیک‌ترین فرد، زوج تصادفی و یک چهارم نقطه مرکزی دارای بیشترین دقت و روش زاویه منظم دارای کمترین دقت در بین روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم می‌باشد. برای گونه *Astragalus rhodosemius* (Boiss & Houskn) روش ترانسکت متغیر دارای بیشترین دقت و روش‌های زوج تصادفی، نزدیک‌ترین فرد، چارک سرگردان، یک چهارم نقطه مرکزی، سومین نزدیک‌ترین فرد و نزدیک‌ترین همسایه بعد از آن قرار دارند. روش زاویه

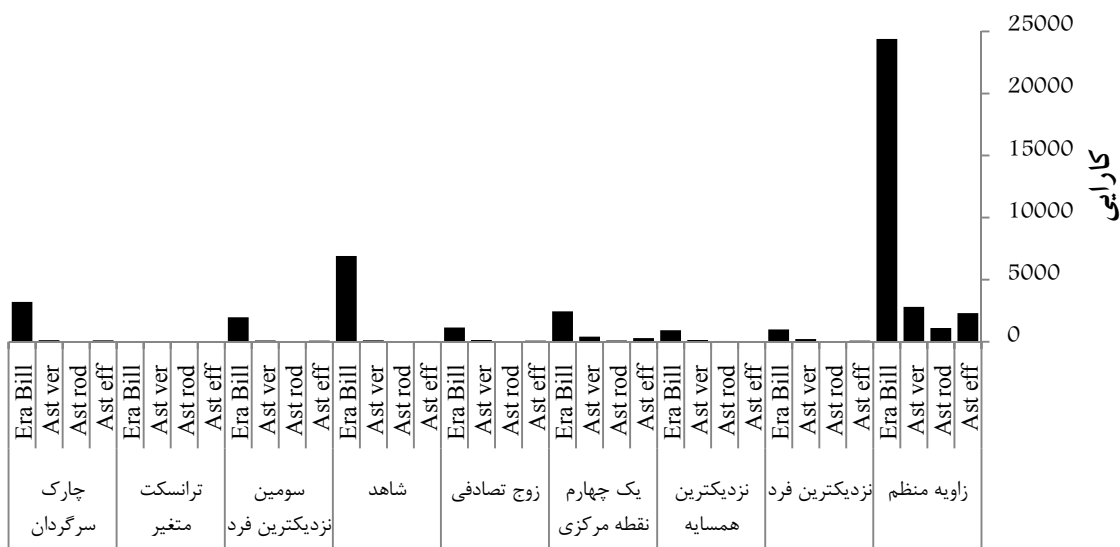
۱۱/۰۲ دقیقه در مقام بعدی قرار داشته است. کندترین روش دقیقه بوده است. در این منطقه برای گونه مذکور روش زاویه منظم با ۷۲/۷۳



روش نمونه برداری و گونه

شکل ۲- زمان به دست آمده از روش‌های مختلف در گونه

در بررسی کارایی دو روش زوج تصادفی نزدیکترین همسایه و ترانسکت متغیر دارای بیشترین کارایی در تمام گونه‌ها بوده‌اند و روش زاویه منظم حداقل کارایی را داشته است.



روش نمونه برداری و گونه

شکل ۳- کارایی به دست آمده از روش‌های مختلف در گونه

بحث

اگرچه در شبیه‌سازی الگوی تصادفی ارائه شده بود، اما برای اطمینان از الگوی پراکنش مکانی گونه‌ها دو شاخص هاپکینز و ابره‌ارت نیز بررسی شد که گویای صحت الگوی تصادفی بوده‌اند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس دقت روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم در این الگو بیانگر این واقعیت است که در بین روش‌های موجود، روش ترانسکت متغیر دارای بیشترین و روش زاویه منظم دارای کمترین میزان دقت می‌باشند. در تمام روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم میزان خطای استاندارد بستگی به ماهیت روش دارد، که با نتایج تحقیق ما تطابق دارد (Musaei Sanjarei & Basiri, 2008). در الگوی پراکنش مکانی تصادفی، عدم اختلاف معنی‌دار روش‌های به‌کار رفته بجز روش‌های ترانسکت متغیر، چارک سرگردان و زاویه منظم با روش شاهد مشاهده شد. در این الگوی پراکنش مکانی روش ترانسکت متغیر کمترین برآورد از تراکم را داشته و بیشترین برآورد متعلق به روش زاویه منظم بوده است. با بررسی خطای برآورد، روش زوج تصادفی در یک جامعه تصادفی حدوداً دارای اختلاف نسبی تراکم برآورد شده کمی با شاهد می‌باشد و می‌تواند تراکم را با صحت بسیار خوبی نسبت به سایر روش‌ها برآورد نماید که این موضوع توسط Haucke و Beasom (۱۹۷۵) نیز مورد مطالعه قرار گرفت. اساس این روش، اندازه‌گیری فاصله بین نزدیک‌ترین گیاه به نقطه تصادفی در روبروی شخص تا نزدیک‌ترین گیاه در پشت سر فرد بوده که این فاصله بزرگی است و برای سطح متوسط اشغال شده توسط یک گیاه فاصله متوسط به‌دست آمده در ضریب $0/8$ ضرب می‌گردد. در روش نزدیک‌ترین همسایه که درصد اختلاف نسبی تراکم با شاهد در الگوی پراکنش مکانی تصادفی با توجه به گونه از حدوداً ۷ درصد تا ۳۵ درصد متغیر بوده با فرض جفت بودن درصدی از گونه‌ها از ضریب $1/67$ استفاده می‌گردد تا سطح متوسط اشغال شده توسط یک پایه محاسبه گردد که این موضوع در جوامع تصادفی نیز صادق است. در روش سومین نزدیک‌ترین فرد فرض بر این است که فاصله نقطه تا سومین

فرد اندازه‌گیری و محاسبه شود. در این روش در جوامع تصادفی خطای برآورد کم است. در روش نزدیک‌ترین فرد با تمایل به سمت الگوی پراکنش مکانی تصادفی برآورد متعادل دیده شده است. علت آن است که در این روش فاصله هر نقطه تصادفی تا نزدیک‌ترین فرد اندازه‌گیری می‌شود که این فاصله کوچک بوده و برای محاسبه سطح متوسط اشغال شده توسط یک گیاه، فاصله متوسط بدست آمده در ضریب ۲ ضرب می‌گردد. روش یک چهارم نقطه مرکز نیز تا حدودی در جوامع با پراکنش تصادفی برآورد صحیحی از تراکم را ارائه می‌دهد که با نتایج Risser و Zedler (۱۹۶۰) و Laycoak و Batcheler (۱۹۷۵) مطابقت دارد. تراکم برآورد شده در روش زاویه منظم بیش از مقدار واقعی بوده، علت تخمین بیش از حد این روش بدین شکل تشریح می‌گردد که این روش همانند روش یک چهارم نقطه مرکز اطراف هر نقطه تصادفی به ۴ ربع تقسیم می‌شود ولی به جای اینکه در هر ربع فاصله نزدیک‌ترین گیاه به نقطه تصادفی اندازه‌گیری شود، فاصله سومین گیاه نزدیک به نقطه اندازه‌گیری می‌گردد. در روش ترانسکت متغیر برآورد تراکم همواره کمتر از مقدار شاهد بود که علت به ماهیت روش برمی‌گردد؛ به طوری که در این روش، در امتداد ترانسکت یک پهنای ثابت در هر دو سوی ترانسکت در نظر گرفته می‌شود، سپس مشابه روش سومین نزدیک‌ترین فرد در مسیر ترانسکت نقاط تصادفی را پیدا کرده و سومین گیاه نزدیک به نقطه تصادفی را در محدوده پهنای در نظر گرفته شده پیدا نموده و فاصله بین این دو را اندازه‌گیری می‌کنیم. با توجه به مشاهداتی که در این تحقیق حاصل شد، در این روش فاصله نقطه تصادفی تا فرد سوم اغلب فاصله بزرگی بوده که سبب افزایش سطح متوسط اشغال شده توسط گیاه می‌گردد و تراکم کمتر از حد بدست می‌آید. روش زاویه منظم از نظر ماهیت دارای برآورد بسیار بالاتر از مقدار واقعی بوده است. البته روش مذکور نمی‌تواند تراکم را در جمعیت‌های دارای توزیع تصادفی بطور صحیح برآورد نماید. روش ترانسکت متغیر از نظر ماهیت، کمترین برآورد را نسبت به تمام روش‌های مورد استفاده داشته است.

صحت و دقت مد نظر باشد، روش‌های نزدیک‌ترین فرد و نزدیک‌ترین همسایه دارای کارایی بیشتر می‌باشند که در خصوص روش نزدیکترین همسایه با یافته‌های Mirjalili و همکاران (۲۰۰۸) و Lyon (۱۹۶۸) مطابقت دارد. در توجه به اهمیت معیار صحت در الگوی پراکنش تصادفی، روش زوج تصادفی از بیشترین کارایی در صحت برخوردار بوده است. اگر معیار مورد نظر را دقت در نظر گرفته باشیم به وضوح می‌توان روش ترانسکت متغیر را به‌عنوان کاراترین روش دانست. انتخاب یک روش مشخص برای اندازه‌گیری تراکم برای کلیه جوامع گیاهی ممکن نیست، اما می‌توان ارجحیت هر روش را در هر جامعه تعیین نمود. صحت نمونه‌گیری و پس از آن دقت روش دو عامل اصلی انتخاب روش هستند و تنها زمانی می‌توان سراغ معیار زمان رفت که صحت و دقت مورد نیاز تأمین شده باشد. با توجه به نتایج این تحقیق که به عوامل دقت صحت و زمان پرداخته است، اگر معیار کارایی با اثرگذاری دو عامل زمان و انحراف معیار مد نظر باشد روش ترانسکت متغیر پیشنهاد می‌شود. در کارهای تحقیقاتی که شاخص مورد نظر دقت می‌باشد، برای اندازه‌گیری تراکم روش ترانسکت متغیر و به‌منظور انجام کارهای مطالعاتی و اجرایی که هزینه و سرعت مد نظر است، روش نزدیک‌ترین فرد و نزدیک‌ترین همسایه پیشنهاد می‌گردد؛ و در نهایت اگر در مطالعات خود تنها معیار صحت مد نظر باشد روش زوج تصادفی می‌تواند به‌عنوان روش مناسب به‌کار رود.

منابع مورد استفاده

- Barger, N. N., Ojima, D.S., Belnap, J., Shiping, W., Yanfen, W., and Chen Z., 2004. Changes in plant functional groups, litter quality and soil carbon and nitrogen mineralization with sheep grazing in an Inner Mongolian grassland. *Journal of Range Management*, 57:613-619.
- Basiri, R., Sohrabi, H. and Mozayen, M., 2006. A Statistical Analysis of the Spatial Pattern of Trees Species in Ghamisheleh Marivan Region, Iran. *Journal of the Iranian Natural Resources*, 59(2): 579 - 588 588.
- Beasom, S. L., Haucke, H., 1975. A comparison

در کل می‌توان اظهار داشت که برای نیل به بالاترین درجه ممکن از صحت، برآیند اریبی حاصل از روش برآورد تراکم و اریبی حاصل از الگوی توزیع جمعیت مورد مطالعه باید صفر شود، بنابراین روشی که اریبی آن ناچیز است می‌تواند بهترین برآورد را در جوامع دارای الگوی توزیع تصادفی ارائه نماید. در الگوی پراکنش مکانی تصادفی با اندازه نمونه مساوی، بیشترین زمان مربوط به دو روش زاویه منظم و ۱/۴ نقطه مرکزی و کمترین زمان مربوط به روش‌های نزدیک‌ترین فرد و نزدیک‌ترین همسایه بوده است. از نظر زمان مجموع صحرایی و محاسباتی، دو روش زاویه منظم و ۱/۴ نقطه مرکزی جزء وقت‌گیرترین روش‌های فاصله‌ای بودند، زیرا در هر نقطه به‌جای یک فاصله، چهار فاصله باید اندازه‌گیری شود و تفکیک گیاهان در چهار ربع نیازمند زمان زیادی است، ولی به علت ماهیت تغییرپذیری کم این دو روش، بدلیل اینکه هرگونه اریبی در اندازه گرفته شده توسط فاصله مقابلش جبران می‌گردد و زمان لازم برای دستیابی به میانگین با دقت مورد نظر کاهش خواهد یافت. این مطلب توسط Sanadgol (۱۹۹۵) مورد اشاره قرار گرفته است. در روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم چند عامل مهم در مدت زمان صرف شده نقش دارند. اولین عامل تأثیرگذار، تراکم گیاهان است، عامل بعدی الگوی پراکنش مکانی گیاهان بوده؛ سومین عامل مؤثر، ماهیت خود روش می‌باشد و عامل دیگر دارای نقش در مدت زمان صرف شده، مجموع پارامترهای مؤثر (توانایی شخص، شرایط پوشش و ...) در تشخیص افراد دور و نزدیک به نقطه تصادفی می‌باشد. در تعیین کارایی روش‌های فاصله‌ای اندازه‌گیری تراکم از دو معیار زمان و انحراف معیار استفاده شده است. مقدار کارایی ارتباط معکوس با مقدار E دارد. به صورتی که هرچه مقدار E به صفر نزدیکتر شود کارایی افزایش می‌یابد. به‌طور کلی با توجه به فرمول $E=RT*RV$ روش ترانسکت متغیر دارای بیشترین کارایی بوده که علت اصلی آن در درجه اول کمتر زمانبر بودن آن و بعد کمتر بودن انحراف معیار این روش می‌باشد. وقتی که در برآورد تراکم، معیار زمان به‌عنوان شاخصی از هزینه مهمتر از معیار

- plant. Tehran University Press, Iran, 701p.
- Morisita, M., 1957. A new method for the estimation of density by the spacing method applicable to non-randomly distributed populations. *Journal of Physiology and Ecology*, 7: 134-144.
 - Musaei Sanjarei M. and Basiri M. 2008. Comparison and evaluation of density measurement methods on *Artemisia Sieberi* shrublands in Yazd province. *Journal of the Iranian Natural Resources*, 61(1): 235-251
 - Pearson, H.A., Sternitzke, H.S., 1974. Forest-range inventory: A Multiple-Use survey. *Journal of Range management*, 27: 404-407.
 - Risser, P.G., Zedler, P.H., 1960. An evaluation of the grassland quarter method. *Journal of Ecology*, 49: 1006-1009.
 - Raiesi Gahrooe, F., Asadi, E. and Mohammadi, J., 2005. Effects of Long-term Grazing on the Dynamics of Litter Carbon in Natural Rangelands of Sabzkou of Chaharmahal Va Bakhtiary, *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 9(3): 81-92.
 - Saadatfar .A, Barani .H, and Mesdaghi. M., 2007. An investigation on comparison of eight distance methods of density measurement in shrub lands of *Zygophyllum eurytement* in Bardsir – Sirjan vegin., *Journal of Agriculture Science and Resources*, 14(1):81-92.
 - Sanadgol, A. A., 1995. Comparison of different methods for measuring the efficiency of plant density on the type of vegetation in different regions. M.Sc thesis, Faculty of natural resources. Tehran University.
 - Sanadgol, A. and Moghadanm, M., 2004. Short-term effects of grazing systems and grazing intensities on standing crop and vigor of *Bromus tomentellus*. *Iranian Journal of Natural Resources*, 57 (2): 329-338.
 - Stoyan, D., and Penttinen, A., 2000. Recent Applications of Point Process Methods in Forestry Statistics. *Journal of Statistical Science*, 15: 61-78.
 - Strickler, G.S., Stearns, F.W., 1962. The determination of plant density. *Journal of Plant Ecology*, 44: 18-25.
 - Torquato, S., 2002. Random heterogeneous materials. Springer-Verlag. USA, 24p.
 - of four distance sampling techniques in south Texas live oak mottes. *Journal Ecology*, 54: 1403-1307.
 - Borhani. M ., 2001. Determination of the most suitable than distance method for density measuring and distribution pattern of *Artemisia* in the Esfahan. Ms.c. thesis, Faculty of natural resources. Esfahan University.
 - Catana, A.J., 1963. The wandering quarter method of estimating population density. *Journal of Ecology*, 44: 349-360.
 - Cottam, G., Curtis, J.T., 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Journal of Ecology*, 37: 451-460.
 - Cottam, G., Curtis, J. T., Hall., B.W., 1953. Some Sampling Characteristics of a Population of Randomly Dispersed Individuals. *Journal of Ecology*, 34: 741-757.
 - Derner, J.D., Boutton, Th.W., and Briske, D.D., 2006. Grazing and ecosystem carbon storage in the north American Great Plains. *Journal of Plant and Soil*, 280: 77-90.
 - Heyting, A., 1968. Discussion and development of the point-centred quarter method of sampling grassland vegetation. *Journal of Range management*, 21: 370-380.
 - Laycoak, W.A., 1961. Adaptation of distance measurements for range sampling. *Journal of Range management*, 37: 205-221.
 - Laycoak, W.A., Batcheler, C.L., 1975. Coparison of distance measurement techniques for sampling Tussock grassland species in New Zealand. *Journal of Range management*, 28: 235-239.
 - Lyon, L.J., 1968. An evaluation of density sampling methods in a shrubs community. *Journal of Range management*, 22: 16-20.
 - Martinez, V.J. and Saar, E., 2001. *Statistics Of The Galaxy Distribution*. Chapman & Hall. USA, 432p..
 - Mesdaghi, M., 1998. Range management in Iran. *Jahad Daneshgahi Mashhad, Iran*, 259p.
 - Mesdaghi, M., 2004. Range Management in Iran. *Astan Ghods Razavi Press, Iran*, 333 p.
 - Mirjalili A., Dianati Tilaki Gh. and Baghestani N., 2008. Comparison of five distance methods for estimating density on Shrub Communities in Tang-Laybid Yazd, 15(3):295-303.
 - Moghaddam, M. R., 2006. Ecology of terrestrial

Comparison of distance methods of density measurement in the simulated random distribution patterns

M. Eidi^{1*}, A. Ebrahimi², E. Asadi², H. Sohrabi³ and H. A. Shirmardi⁴

1*-Corresponding author, M.Sc. of Range Management, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Iran, Email: mojtaba_eidi@yahoo.com

2- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Shahrekord University, Iran

3- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Earth Science, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

4- Senior Expert, Shahrekord Agriculture and Natural Resources Research Center, Iran

Received: 2/27/2012

Accepted: 11/19/2012

Abstract

In this study, the distance methods of density measurement were compared for four plant species in terms of accuracy, time, and efficiency of the random distribution patterns in Karsanak area, located in the eastern part of Shahrekord in Chaharmahal-va-Bakhtiary province. The study area with 32000m²(160*200) was divided into eight sections of 4000 m². The total number of each species was counted in each section and considered as the basis for the simulation. Then, eight sections with 4000m² area were simulated in Stochastic Geometry software, and in each section, a transect of 100m length was established in the center of small side along which 10 points were determined by random systematic method with nine-meter intervals. The distance methods compared included nearest neighbor, closest individual, third closest individual, random pairs, point center quarter, angle order, wandering quarter and variable area transect as well as control group (counting the number of each species in each section). The selected species included *Astragalus effuses*, *Eryngium billardieri*, *Astragalus rhodosemius* and *Astragalus verus*. The distribution pattern of plant communities was determined by Hopkins and Eberhardt indices. The density estimation error was calculated to evaluate the accuracy. Duncan's test was used to compare the accuracy of methods, and standard deviation and time method were used to compare the efficiency of methods. The results of this study showed that nearest neighbor and closest individual methods (in terms of time), random pairs method (in terms of accuracy) and variable area transect (in terms of precision) could be introduced as the most efficient methods.

Keywords: Density, accuracy, distance method, simulation, precision, efficiency.