

بهینه‌سازی شکل و اندازه واحدهای نمونه برای افزایش دقت و صحت برآورد تراکم گون خاردار (*Astragalus verus*) در مراتع میان مشهد

- ❖ زهرا زنگنه؛ دانشجوی کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
- ❖ کمال‌الدین ناصری*، استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
- ❖ فریدون ملتی؛ مربی گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
- ❖ منصور مصداقی؛ استاد مدعو، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

چون اندازه‌گیری تراکم گیاهان، اغلب، به کمک پلات و در اکثر موارد به روش شمارش پایه‌ها صورت می‌گیرد، اندازه و شکل پلات از نخستین مواردی است که باید درباره آن تصمیم‌گیری شود. در این تحقیق اثر اشکال و سطوح مختلف پلات بر دقت و صحت نمونه‌گیری به منظور برآورد تراکم گیاه گون خاردار- که یکی از گونه‌های غالب در منطقه و دارای پایه‌های مجزا از هم است- در منطقه میان مشهد بررسی شد. اشکال مختلف پلات به ترتیب مربع، مستطیل پهن، مستطیل کشیده و سطوح مختلف پلات ۱، ۲، ۴، ۸ متر مربع در نظر گرفته شد. در مجموع، ۴×۳ نوع پلات (تیمار) بررسی شد. در این تحقیق مختصات هر یک از پایه‌های گون خاردار و مرز منطقه مطالعه و با دوربین دیجیتال برداشت شد و به کمک نرم‌افزار R نقشه دیجیتال پراکنش گون در منطقه مورد نظر رسم شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، پلات مستطیل کشیده ۸×۰/۵ متر بیشترین دقت و صحت را دارا بود و پلات بهینه انتخاب شد. در نهایت، می‌توان نتیجه گرفت که به منظور صرفه‌جویی در وقت و هزینه جهت نمونه‌برداری در عرصه، استفاده از روش مکان‌یابی پایه‌های گیاهی و کاربرد نرم‌افزار R می‌تواند روش مناسبی برای برآورد تراکم گیاهان بوته‌ای باشد و می‌توان از پلات‌های بهینه در این پژوهش برای بوته‌زارهای مشابه استفاده کرد.

واژگان کلیدی: اندازه پلات، تراکم، دقت، شکل پلات، صحت، نرم‌افزار R.

مقدمه

روش‌های کمی آنالیز گیاهی اساس توصیف جوامع گیاهی محسوب می‌شوند [۱۰]. تراکم، یکی از مشخصه‌های مهم جهت ارزیابی مراتع، برای تشریح خصوصیات و تغییر جوامع گیاهی، تفسیر واکنش گیاهان به عملیات مختلف مدیریتی و تعیین ترکیب گونه‌ای محسوب می‌شود [۱۰، ۲۱]. تراکم عبارت است از تعداد افراد در واحد سطح که می‌توان آن را با شمارش تعداد پایه‌های یک گونه در پلات یا با اندازه‌گیری فاصله بین افراد با هم یا با نقاط نمونه‌گیری اندازه‌گیری کرد [۱۲، ۲۴]. تراکم برای ارزیابی و شمارش نهال‌ها، علفی‌ها، بوته‌ها یا درختان به کار می‌رود [۱۵]. اندازه‌گیری تراکم برای بیان دقیق تعداد افراد گونه‌ها و موقعیت و توزیع آن‌ها در جامعه لازم است.

به دلیل گستردگی سطح مراتع و گوناگونی جوامع گیاهی موجود در آن‌ها و عدم امکان شمارش یا انتخاب همه پایه‌های گیاهی برای برآورد تراکم، استفاده از نمونه‌گیری اجتناب‌ناپذیر است [۶، ۱۲۰]. نمونه‌گیری از پوشش گیاهی وسیله‌ای است که متخصص مرتع به کمک آن می‌تواند با مطالعه دقیق بخش کوچکی از یک جامعه گیاهی درباره کل آن استنتاجاتی کند. روش نمونه‌گیری باید از صحت و دقت کافی برخوردار باشد؛ به طوری که نمونه برآورد نارایی از پارامتر مورد نظر ارائه دهد [۱۶]. صحت عبارت است از نزدیکی مقدار برآوردشده از نمونه به مقدار واقعی؛ بدین منظور، میانگین تراکم‌های برآوردشده با تراکم جامعه مقایسه می‌شود. دقت عبارت است از نزدیکی مقادیر اندازه‌گیری‌های مکرر

به یکدیگر؛ بدین منظور، انحراف معیار نمونه محاسبه می‌شود و، در نهایت، انحراف معیار حداقل معرف حداکثر میزان دقت است [۸].

در انتخاب اندازه، شکل و تعداد پلات باید دقت کرد، زیرا انتخاب شکل، سطح، و تعداد مناسب پلات در کارایی نمونه‌گیری بسیار مؤثر است و باعث می‌شود که دقت و صحت نمونه‌گیری افزایش یابد. اندازه واحد نمونه باید متناسب با اندازه و تراکم گیاهان تحت مطالعه باشد. همچنین، سطح واحد نمونه باید به اندازه کافی بزرگ باشد که شامل تعداد زیادی از گیاهان شود، اما، در عین حال، نباید آن قدر بزرگ باشد که تفکیک و شمارش گیاهان سخت شود [۷، ۱۲]. شکل پلات می‌تواند بر سرعت، صحت، و کارایی نمونه‌گیری اثر داشته باشد [۲، ۷].

مروری بر منابع نشان می‌دهد که در انتخاب اندازه و شکل پلات قاعده مشخص و ثابتی وجود ندارد و افراد اغلب با توجه به نوع مطالعه، میزان تجربه، و در نظر داشتن سهولت کار پلات مناسب را تعیین می‌کنند. مطالعات اولیه برای اندازه و شکل پلات برای پوشش گیاهی مراتع مربوط به تحقیقات انجام شده در مراتع غرب ایالات متحده آمریکا است؛ بیشتر این مطالعات در دهه‌های ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ انجام پذیرفت. مطالعات این سال‌ها بیشتر مربوط به تعیین ابعاد مناسب پلات برای تخمین پوشش تاجی، فراوانی، و تراکم است؛ محققان در این مطالعات از جامعه‌شناسان اروپایی پیروی می‌کردند [۲۰]. در مطالعه‌ای، به سال ۱۹۸۸، مشخص شد اندازه بهینه پلات و شکل آن به الگوی پراکنش گیاهان تحت مطالعه بستگی دارد و معمولاً برای پوشش گیاهی تنک و غیر انبوه پلات‌های بزرگ مناسب‌تر است [۴].

در سال ۱۹۶۲، برای انتخاب سطح مناسب پلات برای برآورد تولید علف گندمیان، پهن‌برگان علفی، و میزان لاش‌برگ در مراتع جنوب شرقی میشیگان مطالعه‌ای انجام شد. حداقل حاصل‌ضرب واریانس نسبی در هزینه نسبی معیار انتخاب سطح پلات در این مطالعه بود. در این تحقیق سطح ۰/۱۸۸ متر مربع برای برآورد تولید کل و تولید پهن‌برگان علفی و سطوح ۰/۰۴۷ و ۰/۰۶۳ مترمربع به ترتیب برای برآورد تولید علف گندمیان و میزان لاش‌برگ به عنوان سطوح بهینه انتخاب شد [۲۸].

در مطالعه‌ای دیگر، با استفاده از روش Wiegert، شکل و سطح بهینه پلات برای برآورد تولید علفزارهای نیمه‌استپی شمال شرق استان گلستان تعیین شد و پلات دایره‌ای شکل و سطح ۰/۷۵ متر مربعی برای برآورد تولید علوفه در علفزار توصیه شد [۱۱]. طی تحقیقی در منطقه طالقان، بهترین شکل و اندازه پلات برای برآورد تاج پوشش چند گونه گیاهی تعیین شد [۲۹]. در یکی از تحقیقات در مناطق استپ، استپ مرتفع، و نیمه‌استپ ایران، کارایی اشکال و اندازه‌های مختلف پلات برای برآورد تولید بررسی و مشخص شد که به منظور برآورد تولید اندازه‌های ۱ و ۱/۵ متر مربع برای مناطق استپ و استپ مرتفع و ۰/۵ و ۱ متر مربع برای مناطق نیمه‌استپی مناسب‌تر است، با وجود این، شکل پلات در برآورد تولید اختلاف معنی‌داری نداشت [۲۰]. با توجه به بررسی منابع صورت‌گرفته، مشخص شد که تحقیقات انجام‌شده در زمینه تعیین شکل و اندازه بهینه پلات بیشتر برای برآورد تولید و تاج پوشش بوده و در زمینه بررسی شاخص‌های دقت و صحت در نمونه‌گیری تراکم تحقیقات مشابه کمتر صورت گرفته است.

با توجه به اینکه مهم‌ترین عامل در تعیین شکل و سطح مناسب پلات خصوصیات پوشش گیاهی است و این خصوصیات در هر منطقه و بین مناطق مختلف متنوع است و همچنین امکان ارائه قوانین مشخص و

در یکی از مطالعات، به سال ۱۹۶۳، پلات دایره‌ای به مساحت ۰/۱۸ متر مربع (شعاع ۲۴ سانتی‌متر) و پلات مستطیلی به مساحت ۰/۳۶ متر مربع (۰/۳×۱/۲ متر) به ترتیب برای رویشگاهی با گونه‌های *Bouteloua gracilis* و *Agropyron spicatum* رویشگاه دیگری با گونه‌های *Koeleria cristata* و *Artemisia frigida* واقع در جنوب غربی مونتانا به عنوان پلات‌های بهینه انتخاب شد [۲۷]. در مطالعه‌ای دیگر در مراتع شمال یونان و با پیروی از تحقیقات پیشین [از جمله ۲۷، ۲۸] از حداکثر کارایی زمان برای انتخاب سطح مناسب پلات استفاده شد و پلاتی به مساحت ۰/۶۲۵ متر مربع و در هر شکلی برای برآورد تولید در مراتع شمال یونان پیشنهاد شد [۲۳].

در یکی از تحقیقات انجام‌شده در سال ۱۹۹۴، در مراتع تحقیقاتی دانشگاه نبراسکا، کارایی شکل و سطوح مختلف پلات برای برآورد تولید مطالعه شد و، پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، پلاتی به مساحت ۳/۶ متر مربع (۱۲×۰/۳ متر) برای برآورد تولید گونه‌های ریزوم‌دار، و پلاتی به مساحت ۳/۶ مترمربع

در یکی از تحقیقات انجام‌شده در سال ۱۹۹۴، در مراتع تحقیقاتی دانشگاه نبراسکا، کارایی شکل و سطوح مختلف پلات برای برآورد تولید مطالعه شد و، پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، پلاتی به مساحت ۳/۶ متر مربع (۱۲×۰/۳ متر) برای برآورد تولید گونه‌های ریزوم‌دار، و پلاتی به مساحت ۳/۶ مترمربع

ثابتی در مورد شکل و سطح مناسب پلات وجود ندارد، باید برای مناطق مختلف مطالعاتی صورت گیرد تا اطلاعات کامل تری درباره شکل و سطح مناسب پلات در هر منطقه به دست آید؛ آنچه یکی از اهداف این تحقیق نیز است.

به رغم اینکه دقت و صحت در نمونه گیری از اهمیت زیادی برخوردار است، بررسی ها نشان می دهد تحقیقات انجام یافته درباره این موضوع اندک است. در مطالعه جوامع گیاهی، که به نمونه گیری اقدام می شود، بدون توجه به هدف مطالعه نباید به دستیابی به درجه بالایی از دقت اصرار ورزید [۱۲]، زیرا باعث افزایش چشمگیر حجم نمونه می شود و زمان و هزینه مورد نیاز را افزایش می دهد [۱۲، ۲۵]. ظاهراً این موضوع درباره دستیابی به حد بالایی از صحت نیز صدق می کند [۵]. اگرچه به نظر می رسد که از جمله معیارهای اولیه انتخاب یک طرح نمونه گیری بالابودن کارایی آماری است، در مطالعات صحرایی هزینه و زمان همواره منابع محدود کننده به شمار می رود و به همراه سایر مسائل، نظیر پرسنل و ابزار مورد نیاز، محدودیت هایی در دستیابی به حد بالایی از صحت و دقت ایجاد می کند.

از طرف دیگر، برای تشخیص روند تغییرات صحت و دقت در فرایند نمونه گیری و تعیین شکل و اندازه بهینه واحدهای نمونه، به نمونه گیری های مکرر با تعداد واحد نمونه زیاد احتیاج است. ولی این امر نیز در عرصه هزینه بر، زمان بر، و دشوار است. بنابراین، در این تحقیق فرض شده است که اگر امکان تهیه نقشه دیجیتال پوشش گیاهی وجود داشته باشد، امکان نمونه گیری های مکرر با تعداد نمونه زیاد نیز فراهم خواهد شد. بنابراین، هدف از به کارگیری

این روش کاهش هزینه و زمان نمونه برداری در آمار برداری هایی با تعداد واحد نمونه و تکرار زیاد و حذف مشکلات و دشواری های نمونه برداری در تعداد و تکرار زیاد در عرصه بوده است. طی تحقیقی [۱] برای بررسی الگوی پراکنش پایه های گیاهی، با استفاده از روش آنالیز نقطه ای، به برداشت مختصات پایه های گیاهی از مناطق معرف اقدام شد و به کمک نرم افزار ILWIS نقشه نقطه ای پراکنش محل پایه های گیاهی تهیه شد و با استفاده از آنالیز الگوی پراکنش نقطه ای نرم افزار مذکور پراکنش پایه های گیاهی بررسی شد.

روش شناسی

منطقه مورد مطالعه

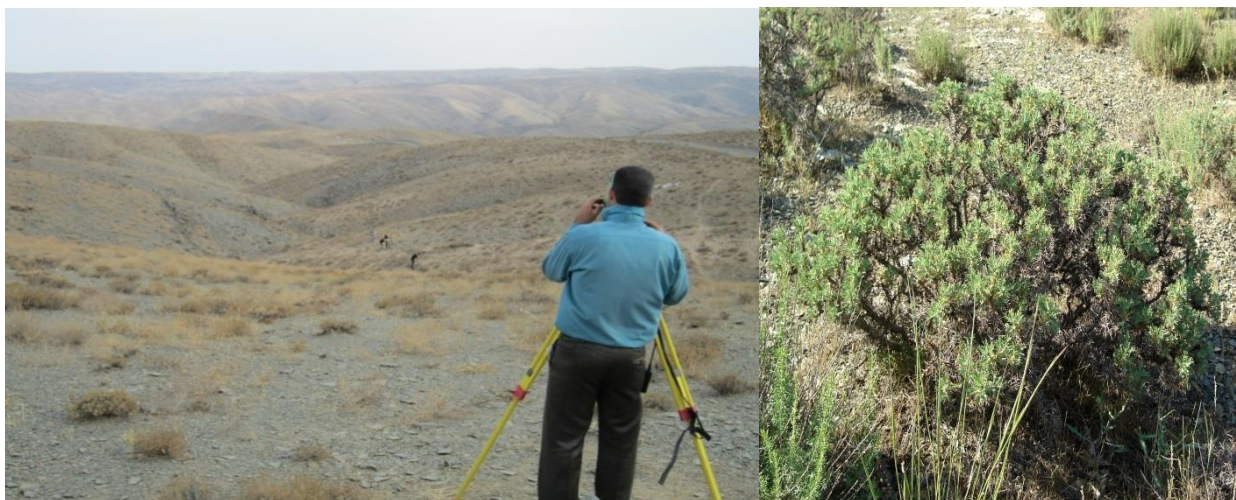
منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، با نام عمومی میان، در ۲۵ کیلومتری غرب مشهد، در مسیر جاده طرهبه به روستای ازغد، در یک زیرحوضه آبخیز کوچک به وسعت ۲/۷۶ هکتار و در طول جغرافیایی "۱۶° ۲۲' ۵۹" تا "۲۶° ۲۲' ۵۹" شرقی و عرض جغرافیایی "۰۴' ۱۵° ۳۶" تا "۵۸' ۱۴° ۳۶" شمالی قرار گرفته است. با استفاده از اطلاعات و آمار موجود در ایستگاه هواشناسی سرآسیاب شاندیز، که به فاصله ۲۰ کیلومتری شمال شرق منطقه قرار دارد، بارش سالانه معادل ۲۳۸ میلی متر برابر آمار درازمدت (طول دوره آماری = ۲۵ سال) منطقه به دست آمد که ارتفاع منطقه ۸۰ - ۱۳۴۰ متر از سطح دریاست. این منطقه با توپوگرافی تپه ماهوری در ناحیه اقلیمی نیمه استپی واقع شده است.

گیاهان غالب در این منطقه درمنه و گون خاردار است. گیاه مورد نظر در این پژوهش نوعی گون پایای

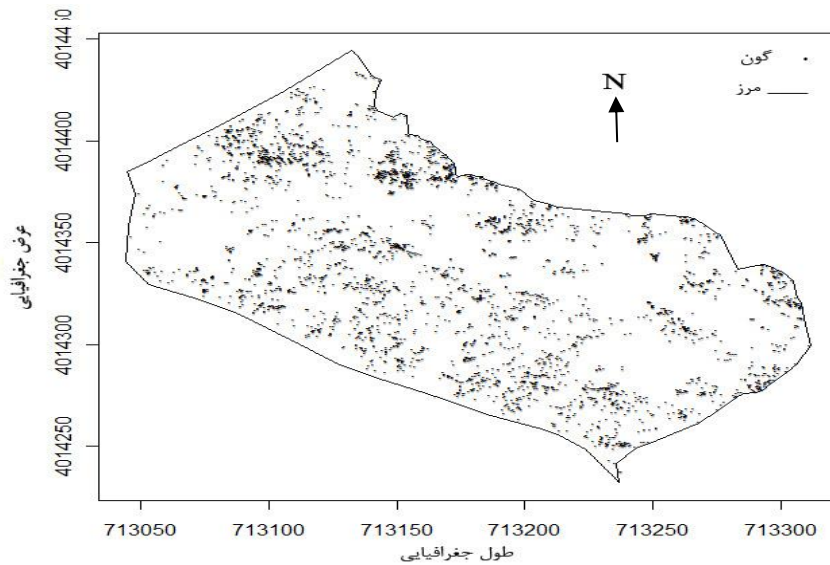
گردآوری داده‌ها

پس از تعیین محدوده حوضه و تعیین جمعیت آماری (تراکم گون‌های موجود در محدوده مطالعاتی)، با استفاده از دوربین لیزی توتال مدل Leica-407 مختصات محلی کلیه پایه‌های گون و مرز منطقه در محل مورد مطالعه با دقت بالا برداشت شد. بنابراین، به کمک دوربین، گیاه مورد نظر سرشماری شد. به منظور تبدیل مختصات محلی به مختصات جغرافیایی با استفاده از دستگاه GPS تعدادی نقاط کمکی نیز برداشت شد. سپس، مختصات محلی از حافظه دوربین به رایانه منتقل شد و با استفاده از داده‌های GPS در نرم‌افزار Survey Office مختصات محلی به مختصات جغرافیایی تبدیل و با فرمت txt ذخیره شد. در مرحله بعد، با استفاده از نرم‌افزار آماری R، نقشه پراکنش گیاه گون و مرز منطقه مطالعه ترسیم شد؛ با استفاده از نقاط برداشت‌شده توسط GPS به‌علاوه انطباق با عکس‌های هوایی نقشه مذکور زمین مرجع شد (شکل ۲). کلیه اندازه‌گیری‌های بعدی انجام‌شده در این تحقیق در نقشه دیجیتالی مذکور به‌انجام رسید.

بوته‌ای پاکوتاه یا پابلند بالشتکی با نام علمی *olivier Astragalus verus* است. این گیاه از تیره بقولات (*Fabaceae*)، بخش *Platonychium Bunge* و جنس *Astragalus* است و در سلسله‌جبال البرز و زاگرس و استان‌های خراسان، لرستان، تهران، مرکزی، و ... پراکنش وسیعی دارد [۱۴]. هرچند در برخی مناطق از این گیاه برای استخراج کتیرا استفاده می‌شود، ویژگی اصلی این گیاه، که آن را به عنوان گیاه هدف در این تحقیق مناسب ساخته است، پایه‌های کاملاً مجزا و منفک از یکدیگر است. به عبارتی، این گیاه تکثیر غیرجنسی از طریق ریزوم و استولون (کلونی) ندارد، بنابراین، برای تحقیقات مربوط به تراکم مناسب است. همچنین، این گیاه به دلیل پراکنش نسبتاً کپه‌ای (مطابق مشاهدات میدانی) و تراکم نسبتاً کم، با توجه به روش مورد استفاده در این تحقیق، برای دستیابی به هدف، تهیه نقشه دیجیتال، مناسب است. ذکر این نکته لازم است که این گیاه دامنه انتشار وسیعی در مناطق کوهستانی خراسان رضوی دارد. در این پژوهش همه پایه‌های گیاه گون خاردار واقع در منطقه مورد مطالعه جامعه آماری در نظر گرفته شد (شکل ۱).



شکل ۱. سیمای منطقه (چپ) و تصویری از گونه *Astragalus verus* (راست)



شکل ۲. نقشه پراکنش گون و نقاط تصادفی

جدول ۱. شکل، اندازه، و ابعاد مختلف پلات‌های نمونه‌گیری

اندازه پلات به متر مربع	شکل و ابعاد پلات به متر		
	مربع	مستطیل پهن	مستطیل کشیده
۱	۱×۱	۲×۰٫۵	۴×۰٫۲۵
۲	$\sqrt{2} \times \sqrt{2}$	۲×۱	۴×۰٫۵
۴	۲×۲	۴×۱	۸×۰٫۵
۸	$\sqrt{8} \times \sqrt{8}$	۴×۲	۸×۱

نمونه‌گیری

این تحقیق، برای بررسی مناسب بودن سطوح کمتر و بیشتر از این سطوح، که چمبرز و براون آن را معرفی کرده‌اند، سطوح پلات از سطوح کمتر از ۱٫۵ متر مربع تا سطوح بیشتر از ۲٫۵ متر مربع در نظر گرفته شد. بدین ترتیب، برای هر شکل پلات چهار سطح در نظر گرفته شد که عبارت‌اند از: ۱، ۲، ۴، و ۸ متر مربع (جدول ۱). در نتیجه، در این تحقیق، ۱۲ پلات برای برآورد تراکم گون خاردار آزمون شد. در اکثر منابع ذکر شده است که اگر یک درصد مساحت منطقه مطالعاتی نمونه‌برداری شود، بسیار ایده‌آل خواهد بود

در این پژوهش همه نمونه‌گیری‌ها به روش کاملاً تصادفی در نقشه دیجیتالی انجام شد. واحدهای نمونه به صورت پلات‌هایی در سه شکل پُرکاربرد در نمونه‌گیری‌های مرتعی، یعنی مربع، مستطیل پهن، و مستطیل کشیده، انتخاب شد. در مساحت برابر طول مستطیل‌های کشیده دو برابر و عرض آن‌ها نصف مستطیل‌های پهن است (جدول ۱). اندازه مناسب پلات برای بوته‌زارهای پراکنده ۱٫۵-۲٫۵ متر مربع ذکر شده است [۴]. بنابراین، در

۱. اعمال نقاط تصادفی روی نقشه: برای استقرار پلات‌ها در نقشه دیجیتال، به تعداد واحدهای نمونه‌گیری برای هر اندازه پلات نقاطی به صورت تصادفی (به کمک نرم‌افزار) تعیین شد؛ هر نقطه نشان‌دهنده محل یک پلات است؛

۲. تعریف واحدهای نمونه‌گیری با شکل‌ها و اندازه‌های مختلف روی نقاط تصادفی؛

۳. شمارش پایه‌های گون در پلات‌ها با استفاده از نرم‌افزار R (برای شمارش گیاهانی که در حاشیه قرار گرفتند این گیاهان به صورت یک در میان در داخل پلات در نظر گرفته شدند) [۸].

بعد از انتقال داده‌ها به نرم‌افزار و رسم نقشه منطقه مطالعه، مساحت منطقه و تعداد کل پایه‌های گون در محیط R تعیین شد و با استفاده از این اطلاعات تراکم جمعیت آماری محاسبه شد. برای استقرار پلات‌ها در نقشه دیجیتال، به صورت تصادفی، نخست نقاط تصادفی تعیین و سپس پلات‌ها بر روی نقاط تصادفی اجرا شد. بعد از استقرار پلات‌ها، پایه‌های گیاه در هر پلات شمارش و تراکم هر شکل و اندازه پلات با نرم‌افزار محاسبه شد.

پردازش داده‌ها

تجزیه واریانس

برای مقایسه تراکم و صحت شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات‌ها از طرح کاملاً تصادفی با مدل $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ استفاده شد [۱۷]. مقادیر تراکم و صحت برای هر شکل و اندازه پلات با پنج تکرار برآورد شد. نرمال‌بودن مقادیر داده‌ها و همسانی واریانس‌ها با نرم‌افزار Minitab آزمون شد.

[۲، ۸، ۱۸]. در این تحقیق یک درصد مساحت منطقه معادل ۲۷۰ متر مربع خواهد بود. حجم نمونه‌برداری بیشتر از این مقدار یعنی ۴۰۰ متر مربع در نظر گرفته شد تا روندهای دقت و صحت به‌خوبی مشخص شوند. ضمناً، این حجم نمونه برای همه سطوح مورد استفاده در این تحقیق (۱، ۲، ۴، و ۸ متر مربع) عدد صحیحی به‌دست می‌دهد. بنابراین، برای پلات‌های ۱، ۲، ۴، و ۸ متر مربعی تعداد ۴۰۰، ۲۰۰، ۱۰۰، و ۵۰ واحد نمونه در نقشه دیجیتال منطقه مستقر شد. نمونه‌گیری‌ها با حجم ۴۰۰ متر مربع توسط هر نوع پلات پنج مرتبه تکرار شد، مثلاً برای پلات مربع‌شکل با سطح یک متر مربع هر نمونه حاوی ۴۰۰ پلات بود؛ این نمونه‌ها پنج مرتبه تکرار شدند. بنابراین، در مجموع، تعداد کل پلات مستقرشده برای این نوع از پلات ۲۰۰۰ پلات است. بعد از تعیین حجم و تعداد پلات برای نمونه‌برداری، کلیه مراحل زیر به کمک برنامه‌نویسی و اجرای این برنامه‌ها در نرم‌افزار R انجام شد. نرم‌افزار R یک نرم‌افزار آماری است که قابلیت بالایی در تجزیه و تحلیل داده‌ها و برنامه‌نویسی دارد [۱۳].

رسم نقشه منطقه مورد مطالعه. به دلیل آنکه

معیار در نظر گرفتن هر پایه گیاهی در داخل پلات قراردادن یقه آن گیاه در پلات است [۶]، به صورت تصادفی قطر یقه چند گیاه در عرصه با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد و میانگین قطر آن‌ها معیاری از اندازه قطر یقه کل افراد در نظر گرفته شد. بنابراین، هر گیاه با یک نقطه بر روی نقشه نشان داده شد؛ قطر نقاط معادل با متوسط قطر یقه گیاه است و متناسب با مقیاس نقشه قطر نقاط تغییر می‌کند.

مقایسه صحت شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات برای برآورد تراکم

به منظور بررسی صحت هر شکل و اندازه پلات، اختلاف نسبی تراکم‌های برآوردشده با آن شکل و اندازه پلات با تراکم واقعی جمعیت آماری محاسبه شد؛ بدین صورت که هر چه اختلاف نسبی مقدار برآوردشده با مقدار واقعی یا حقیقی کمتر باشد، تراکم برآوردشده با آن شکل و اندازه پلات از صحت بیشتری برخوردار خواهد بود.

(۱)

$$= \text{اختلاف نسبی مقدار برآورد شده با مقدار واقعی} = \frac{|\text{مقدار واقعی} - \text{مقدار برآورد شده}|}{\text{مقدار واقعی}} \times 100$$

بنابراین، به کمک تراکم‌های به‌دست‌آمده با پنج تکرار توسط هر تیمار، صحت داده‌ها نیز با پنج تکرار برای هر شکل و اندازه پلات محاسبه شد و نرمال‌بودن آن‌ها با نرم‌افزار Minitab آزمون شد. سپس، میانگین صحت تکرارهای پنجگانه هر تیمار برای مقایسه با سایر تیمارها بررسی شد.

مقایسه دقت شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات برای برآورد تراکم

برای مقایسه شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات از لحاظ دقت، انحراف معیار میانگین تراکم‌های به‌دست‌آمده از پنج تکرار برای هر شکل و اندازه (به عنوان انحراف معیار کل تیمار) و سپس واریانس نسبی داده‌ها محاسبه شد [۱۲]. واریانس نسبی و انحراف معیار پایین‌تر نشان‌دهنده دقت بالاتر هر

روش است. به عبارت دیگر، هر چه مقادیر به‌دست‌آمده با استفاده از هر نوع پلات به هم نزدیک‌تر باشند، واریانس و انحراف معیار بین تکرارها کمتر می‌شود، بنابراین، پلات مورد نظر از دقت بیشتری برخوردار است [۸].

$$(۲) \quad \text{واریانس نسبی} = \frac{(\text{انحراف معیار})^2}{(\text{حداقل انحراف معیار})^2}$$

در نهایت، پس از برآورد دقت و صحت برای هر شکل و اندازه پلات، داده‌های دقت و صحت رتبه‌بندی شد. پس از رتبه‌بندی تیمارها بر مبنای حداکثر تا حداقل صحت و دقت، رتبه تلفیقی از جمع جبری رتبه‌ها به‌دست آمد [۲۴]. پلاتی که دارای بیش‌ترین دقت و صحت (کمترین رتبه کارایی) بود پلات بهینه انتخاب شد.

نتایج

با استفاده از نرم‌افزار R، نقشه پراکنش گون همراه با نقاط تصادفی طبق شکل ۲ به‌دست آمد. مساحت منطقه ۲۷۶۰۰ متر مربع و تعداد کل گون‌های موجود در منطقه مورد مطالعه ۳۸۴۸ پایه است، بنابراین، میانگین تراکم واقعی گون ۰/۱۳۹ پایه در هر متر مربع است. به منظور برقراری امکان مقایسه داده‌های حاصل از پلات‌هایی با اندازه‌های مختلف، کلیه تراکم‌های به‌دست‌آمده از نمونه‌گیری‌های این تحقیق به صورت تعداد در واحد سطح (متر مربع) استاندارد شد و سپس میانگین‌ها مقایسه شد.

داده‌های تراکم برآوردشده از تکرارهای پنجگانه دارای توزیع نرمال و واریانس‌های تیمارهای دوازده‌گانه همسان بودند. مطابق تجزیه واریانس

یک متر مربعی و کمترین مقدار صحت مربوط به پلات مربع دو متر مربعی است (جدول ۳). در مجموع، اگر رتبه‌های دقت و صحت پلات‌های هم‌شکل جداگانه با یکدیگر جمع شوند، مشخص می‌شود که پلات‌های مستطیل کشیده از بیشترین دقت و بیشترین صحت و پلات‌های مستطیل پهن از کمترین دقت و کمترین صحت برخوردارند. در نهایت، جمع تلفیقی رتبه‌های دقت و صحت شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات مشخص شد. سپس، رتبه‌کارایی هر شکل و اندازه پلات از جمع جبری رتبه‌های دقت و صحت تعیین شد. با توجه به رتبه‌کارایی پلات‌های مختلف، مشخص شد که پلات مستطیل کشیده چهار متر مربعی کمترین رتبه را بین شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات و، در نتیجه، بیشترین دقت و صحت و پلات مستطیل پهن دو متر مربعی بیشترین رتبه کارایی و، در نتیجه، کمترین دقت و صحت را نسبت به سایر پلات‌ها داراست (جدول ۴).

صورت گرفته، تراکم‌های حاصل از ۱۲ تیمار مذکور (شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات) تفاوت معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$). بنابراین، برای برآورد تراکم گونه مورد نظر در این منطقه، استفاده از هر شکل و اندازه پلات میسر است (جدول ۲). بنابراین، باید به سایر معیارها، از قبیل دقت، صحت، و زمان مورد نیاز برای نمونه‌گیری، نیز توجه کرد [۶، ۱۲]. به دلیل استفاده از نقشه رقومی و نرم‌افزار برای نمونه‌گیری، محدودیت معیار زمان برطرف شد، بنابراین، فقط دو معیار دقت و صحت بررسی شد. بین داده‌های صحت شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات نیز تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۲).

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش نشان داد که پلات مستطیل کشیده چهار متر مربعی دارای بیشترین دقت (کمترین انحراف معیار) و پلات مستطیل پهن دو متر مربعی دارای کمترین دقت (بیشترین انحراف معیار) است. علاوه بر این، بیشترین مقدار صحت مربوط به پلات مستطیل کشیده

جدول ۲. تجزیه واریانس تراکم‌های برآوردشده توسط شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات

منبع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (DF)	مجموع مربعات (SS)		میانگین مربعات (MS)		F	
		تراکم	صحت	تراکم	صحت	تراکم	صحت
تیمار	۱۱	۰.۰۰۷۴۳۲	۵.۱۴۶	۰.۰۰۰۶۷۶	۰.۴۶۸	۱.۰۲ ^{NS}	۱.۱۵ ^{NS}
خطا	۴۸	۰.۰۳۱۷۴۵	۱۹.۴۶۱	۰.۰۰۰۶۶۱	۰.۴۰۵		
کل	۵۹	۰.۰۳۹۱۷۷	۲۴.۶۰۷				

**معنی‌داری در سطح ۱ درصد؛ *معنی‌داری در سطح ۵ درصد؛ NS معنی‌دار نبودن

جدول ۳. رتبه‌بندی دقت و صحت تراکم برآوردی برای شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات (تراکم واقعی جامعه آماری ۰/۱۳۹ پایه بر متر مربع است)

شکل و اندازه پلات (متر)	دقت		صحت	
	واریانس نسبی	رتبه دقت	اختلاف نسبی میانگین برآوردی با میانگین واقعی	رتبه صحت
مربع ۱×۱ (SQ1)	۲,۸۷۶	۹	۲,۴۲۵	۹
مربع $\sqrt{۲} \times \sqrt{۲}$ (SQ2)	۲,۸۳۱	۸	۲,۱۹۳	۵
مربع ۲×۲ (SQ4)	۲,۲۰۹	۵	۲,۰۰۵	۳
مربع $\sqrt{۸} \times \sqrt{۸}$ (SQ8)	۲,۷۸۵	۷	۲,۲۳۲	۶
مستطیل پهن ۲×۰/۵ (RW1)	۱,۰۴۱	۲	۲,۶۵۶	۱۰
مستطیل پهن ۲×۱ (RW2)	۹,۸۷۱	۱۲	۲,۶۹۶	۱۱
مستطیل پهن ۴×۱ (RW4)	۳,۴۰۲	۱۰	۲,۸۵۲	۱۲
مستطیل پهن ۴×۲ (RW8)	۴,۱۹۱	۱۱	۲,۰۶۵	۴
مستطیل کشیده ۴×۰/۲۵ (RL1)	۱,۳۸۲	۳	۱,۹۲۳	۱
مستطیل کشیده ۴×۰/۵ (RL2)	۱,۹۳۷	۴	۱,۹۵۹	۸
مستطیل کشیده ۸×۰/۵ (RL4)	۱	۱	۲,۳۸۴	۲
مستطیل کشیده ۸×۱ (RL8)	۲,۶۰۷	۶	۲,۲۵۴	۷

جدول ۴. رتبه کارایی شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات

شکل و اندازه پلات (متر)	جمع رتبه‌های دقت و صحت	رتبه کارایی (بهینه)
مستطیل کشیده ۸×۰/۵	۳	۱
مستطیل کشیده ۴×۰/۲۵	۴	۲
مربع ۲×۲	۸	۳
مستطیل کشیده ۴×۰/۵	۱۲	۴
مستطیل پهن ۲×۰/۵	۱۲	۴
مستطیل کشیده ۸×۱	۱۳	۵
مربع $\sqrt{۲} \times \sqrt{۲}$	۱۳	۵
مربع $\sqrt{۸} \times \sqrt{۸}$	۱۳	۵
مستطیل پهن ۴×۲	۱۵	۶
مربع ۱×۱	۱۸	۷
مستطیل پهن ۴×۱	۲۲	۸
مستطیل پهن ۲×۱	۲۳	۹

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تجزیه واریانس تراکم‌های شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات نشان داد که تراکم‌های برآوردشده از طریق هر شکل و اندازه پلات تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ($P < 0.05$)؛ با کم یا زیاد کردن تعداد پلات‌ها در هر نمونه، مجدداً تفاوت تراکم‌های برآوردشده معنی‌دار نشد؛ احتمالاً معنی‌دار نبودن شکل‌ها و اندازه‌های مختلف پلات به دلیل پراکنش تنک و تراکم کم گون (تراکم واقعی گون برابر با 0.139 پایه در هر متر مربع است) در منطقه است؛ این موضوع با نتایج تحقیقات دیگر نیز درباره معنی‌دار نبودن تفاوت اشکال مختلف پلات تأیید شده است [۲۳، ۲۷]. علاوه بر این، در پژوهش دیگری نیز مشخص شد که شکل پلات در برآورد تولید تفاوت معنی‌داری ندارد، ولی تفاوت‌ها برای اندازه پلات معنی‌دار است [۲۰]. همچنین، تحقیقی دیگر نشان داد که اثر متقابل شکل و اندازه پلات در برآورد تولید تفاوت معنی‌داری ندارد، در حالی که اشکال و سطوح مختلف پلات دارای تفاوت معنی‌داری هستند [۱۱]. طبق نظر برخی محققان [۱۶، ۲۳]، با افزایش نسبت محیط به مساحت آثار حاشیه‌ای افزایش می‌یابد، اما، در این تحقیق، به دلیل استفاده از یقه گیاه به جای تاج گیاه و قرار نگرفتن هیچ یک از پایه‌های گون بر اضلاع پلات، آثار حاشیه‌ای حذف شد. برخی عقیده دارند که اگر اریبی حاصل از اثر حاشیه‌ای وجود نداشته باشد، بدون توجه به اندازه یا شکل پلات و در صورتی که میانگین بر حسب واحد سطح بیان شود، انتظار می‌رود مقدار میانگین یکسانی به دست آید [۱۲]. چون در این تحقیق هیچ یک از گیاهان در

حاشیه پلات‌ها قرار نگرفتند، ممکن است یکی از دلایل معنی‌دار نشدن تفاوت‌ها حذف اریبی حاصل از اثر حاشیه‌ای باشد. تجزیه واریانس داده‌های صحت نیز نشان داد که بین صحت برآوردهای تیمارهای مختلف در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد ($P < 0.05$).

در این پژوهش پلات بهینه برای نمونه‌گیری با حداکثر دقت و صحت پلات مستطیل کشیده چهار متر مربعی به دست آمد. اگرچه، به طور سنتی، استفاده از پلات‌های مربعی شکل در مطالعات مرتعی رایج و مرسوم است، پلات‌های مستطیلی برای نمونه‌برداری از گیاهان مرتعی مناسب‌ترند و از حداکثر صحت برخوردارند [۲۲]. در همین زمینه، محققان دیگری تصریح می‌کنند که، با توجه به ناهمگنی و غیریکنواختی پوشش گیاهی، در اکثر مواقع، پلات‌های مستطیل کشیده تغییرات درون جوامع گیاهی را بهتر و صحیح‌تر از انواع دیگر پلات نشان می‌دهند [۸]. نتایج به دست آمده در این تحقیق نیز تأیید و تأکیدی بر این موضوع است. بنابراین، توصیه می‌شود در مطالعات مرتعی از پلات‌های مستطیلی کشیده استفاده شود.

نتایج به دست آمده در این تحقیق گویای آن است که دقت و صحت نمونه‌گیری مستقل از یکدیگر تغییر می‌کنند. بنابراین، الزاماً دقت بالاتر با صحت بیشتر همراه نیست و برعکس. این موضوع گزینه‌های مختلفی را پیش روی نمونه‌بردار قرار می‌دهد تا، بر اساس اولویت ملاک‌های مورد نظر خود (دقت و صحت)، شکل و اندازه پلات مناسب را انتخاب کند؛ مثلاً در این پژوهش اگر فقط ملاک دقت مورد نظر نمونه‌بردار باشد (مانند طرح‌های پایش که

و نمونه‌گیری در نرم‌افزارهای تخصصی بر روی نقشه دیجیتالی) این است که امکان نمونه‌برداری با تعداد واحد نمونه زیاد و تکرار نمونه‌ها فراهم است. از مزایای دیگر استفاده از روش به‌کاررفته در این تحقیق، دستیابی به عدد واقعی تراکم است. به عبارت دیگر، از آنجا که در این تحقیق عملاً همه پایه‌های گیاه مورد نظر «سرشماری» شد، تراکم واقعی اندازه‌گیری شد. این موضوع امکان سنجش میزان «صحت» برآوردهای حاصل از «نمونه‌گیری» از طریق مقایسه را فراهم ساخت. هرچند هر دو مورد فوق در مقیاس وسیع و اجرایی امکان‌پذیر نیست، در سطح تحقیقاتی و به منظور توسعه دانش نمونه‌گیری، به منزله یکی از مهم‌ترین شیوه‌های گردآوری داده از طبیعت، قابل توصیه است، بنابراین، تکرار آن در شرایط محیطی مشابه و متفاوت پیشنهاد می‌شود.

تکرارپذیری یعنی دقت نمونه‌گیری در یک سری زمانی اهمیت دارد، می‌توان از پلات مستطیل کشیده چهار متر مربعی استفاده کرد. و اگر فقط معیار صحت مد نظر باشد (مانند طرح‌های مطالعاتی که نزدیکی آماره نمونه به پارامتر جمعیت یعنی صحت اهمیت دارد)، می‌توان از پلات مستطیل کشیده یک متر مربعی استفاده کرد و در صورتی که هر دو معیار دقت و صحت مد نظر باشد، پلات مستطیل کشیده چهار متر مربعی پلات بهینه برای نمونه‌برداری خواهد بود.

از آنجا که برای مشخص شدن بسیاری از روندها به تعداد زیادی نمونه‌گیری و تکرار نیاز است [۸] و این امر معمولاً در عرصه امکان‌پذیر نیست یا بسیار هزینه‌بر و وقت‌گیر است، یکی از مزایای روش این تحقیق (مکان‌یابی پایه‌های گیاهی، تهیه نقشه رقومی،

References

- [1] Baranian, E., Basiri, M., Bashari, H. and Tarkesh, M. (2011). Investigate the pattern of distribution of plant by using Analysis point methods, quadrate and distance indices (Case Study: Isfahan Fereidan area), *Journal of rangeland*, 5(3), 258-269.
- [2] Bonham, C.D. (1989). *Measurement for terrestrial vegetation*, 1^{ed} Edition, John Wiley & Sons, USA, 338P.
- [3] Brummer, J.E., Nichols, J.T., Engel, R.K. and Eskridge, K.M. (1994). Efficiency of different quadrat size and shape for sampling standing crops, *Range Manage*, 47, 84-89.
- [4] Chambers, J.o. and Brown, R.W. (1983). *Methods for vegetation sampling and analysis on revegetated minedlands*, Forest and range experiment Station, General Technical Report, USA.
- [5] Cochran, W.G and Cox, G.M. (1992). *Experimental designs*, 2^{ed} Edition, Wiley, New York, 18-45p.
- [6] Cook, C.W. and Stubbendieck, J. (1986). *Range Research: Basic problem and Techniques*, Society for range management, 1^{ed} Edition, Denver, Colorado.
- [7] Cox, G.W. (2002). *General Ecology: Laboratory Manual*, 8^{ed} Edition, McGraw-Hill Pub. USA.
- [8] Elzinga, C.L., Salzer, D.w. and Willoughby, J.W. (1998). *Measuring and monitoring plant population*, 1^{ed} Edition, BLM Technical reference, USA.
- [9] Ghanbarian, Gh., Mesdaghi, M. and Barani, H. (2009). comparison and evaluation of comparison and evaluation of sampling strategies efficiency for vegetation assessment and measurement in Southern Zagros rangelands, *J. of the education rangeland*, 3(1), 1-16.
- [10] Grieg-Smith, P. (1983). *Quantitative plant ecology*, 3^{ed} Edition, Blackwell Scientific Publications, Oxford, England.
- [11] Karami, P., Heshmati, Gh. and Mesdaghi, M. (2002). Determination of optimal plot shape and size for estimation of forage production at semi-steppe grasslands of northeastern of Golestan province, *Agric. Sci. Natur. Resour*, 9(2), 41-47.
- [12] Krebs, C.J. (1999). *Ecological methodology*, 5^{ed} Edition, Addison Wesley Longman, Menlo Park, California, USA.
- [13] Logan, M. (2010). *Biostatistical design and analysis using R: A practical guide*, Wiley-Blackwell.
- [14] Maasoumi, A. G. (2000). *The Astragaluses of Iran*, 1^{ed} Edition, Research Institute of Forest and rangeland.
- [15] Mesdaghi, M. (2005). *Plant Ecology*, 1^{ed} Edition, Jahad daneshgahi Mashhad press.
- [16] Mesdaghi, M. (2007). *Range management in Iran*, 5^{ed} Edition, University of emam Reza press.
- [17] Mesdaghi, M. (2012). *Statistical and regression methods*, 1^{ed} Edition, University of Emam Reza press.
- [18] Moghaddam, M.R. (2005). *Range and range management*, 3^{ed} Edition, University of Tehran press.
- [19] Moghaddam, M.R. (2005). *Range and range managment*, 1^{ed} Edition, University of Tehran press.
- [20] Moghaddam, M.R. and Ghorbani Pashakolae, J. (2001). A comparison of different plot size and shapes efficiency to estimate of standing crop in steppe, high-steppe and semi-steppe region of Iran, *Iranian natural rescors*, 54(2), 191-204.
- [21] Musaei Sanjarei, M. and Basiri, M. (2008). A comparison and evaluation of density measurement

- methods of *Artemisia Sieberi* shrablands in Yazd province, *Iranian natural rescores*, 61(1), 235-251.
- [22] National Academy of Sciences and National Research Council Joint Committee (1962). *Basic problems and techniques in range research*, Pub. 890.
- [23] Papnastasis, V.P. (1977). Optimum size and shape of quadrat for sampling herbage in grassland of Northern Greece, *Range Management*, 30, 445-448.
- [24] Saadatfar, A., Barani, H. and Mesdaghi, M. (2007). An investigation on comparison of eight distance methods of density measurement in shrub lands of *zygophyllum eurypterum* in Bardsir-Sirjan region, *J. Agric. Sci. Natur. Resour*, 14(1), 183-191.
- [25] Scheaffer, R., Mendenhall, W. and Lymam, O. (1996). *Elementary survey sampling*, Translators: Bozorgniya, A., Arghami, N and Sanjari, N. 1^{ed} Edition, University of Mashhad Ferdowsi press.
- [26] Steel, R.G.D., Torrie, J.H. and Dickey, D.A. (1997). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach*, 3^{ed} Edition, McGraw-Hill. USA.
- [27] Van Dyne, G., Wogel, M.G. and Fisser, H.G. (1963). Influence of small plot size and shape on range-herbage production estimates, *Ecology*, 44, 746-759.
- [28] Wiegert, R.G. (1962). The selection of an optimum quadrat size for sampling the standing crop of and forb, *Ecology*, 43, 125-129.
- [29] Zare Chahouki, M.A., Khojasteh, F., Yousefi, M., Farsodan, A. and Shafizadeh Nasrabadi, M. (2013). Evaluation of different plot shape, size, and number for sampling in middle Taleghan rangelands, *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 99, 127-138.