Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Determining the optimal plot size and sample size for vegetation monitoring and biodiversity assessment in the Birjand flood spreading area

Moslem Rostampour[*1], Seyedeh Mahbubeh Mirmiran[2], Reza Yari[3]

1. Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management and Research Group of Drought and Climate Change, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: rostampour@birjand.ac.ir
2. Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran, Email: mmirmiran@yahoo.com
3. Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran, Email: yarireza1364@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 16 October 2024
Revised: 26 November 2024
Accepted: 28 December 2024
Published online: 13 July 2025

Keywords: Rangeland Assessment, Sampling Intensity, Species Richness, Water Harvesting, Wiegert's Method

ABSTRACT

The foundation of plant research results is the sampling and determination of the plot size and sample size. This research was conducted to determine the optimal size and number of plots for monitoring vegetation cover and assessing biodiversity in a part of the rangelands of the flood spreading project in the Birjand plain in the spring of 2024. In this study, plots measuring 1, 2, 3, 4, 5, and 6 m^2 with the same number (30 plots each) were established along 5 transects of 100 m each to determine plot dimensions. The time required to measure the density for each plot size was recorded, and based on Wiegert's method, relative variance and relative cost were calculated to determine the optimal plot size for vegetation cover in the flood spreading area. After determining the appropriate plot size, 10, 20, 30, 40, 50, and 60 plots were established along 6 transects, and the density, vegetation cover, and numerical biodiversity indices were determined within them. In this study, in addition, the required number of plots was also calculated using Cochran's method. All statistical analyses were performed in R and PAST software. The results of Wiegert's method and coefficient of variation (CV) showed that a plot size of 4 m^2 was the most accurate in measuring vegetation cover in the study area. Considering the dominant growth form of the region's plants and to avoid wasting time and reduce costs, a total of 35 plots of 4 m^2 are sufficient to determine the percentage of vegetation cover in this area. Additionally, to investigate and calculate species diversity indices in the flood-spreading area, 90 plots of 6 m^2 are required. The results of graphical methods (refraction curve and diversity ordering curve) and nonparametric permutation tests showed that density and species diversity, and dominance are affected by sampling effort.

Citation: Rostampour, M., Mirmiran, S. M., & Yari, R. (2025). Determining the optimal plot size and sample size for vegetation monitoring and biodiversity assessment in the Birjand flood spreading area, *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 13(1), 17-34.

DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author:** Moslem Rostampour
Address: Department of Rangeland and Watershed Management and Research Group of Drought and Climate Change, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.
Tel: +989151637869
Email: rostampour@birjand.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Determining the optimal plot size and sample size for vegetation monitoring and biodiversity assessment in the Birjand flood spreading area

Moslem Rostampour[*1], Seyedeh Mahbubeh Mirmiran[2], Reza Yari[3]

1. Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management and Research Group of Drought and Climate Change, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran, Email: rostampour@birjand.ac.ir
2. Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran, Email: mmirmiran@yahoo.com
3. Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran, Email: yarireza1364@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: One of the objectives of managing flood-spreading stations and rainwater harvesting systems in the country is to examine and monitor the quantitative and qualitative changes in the vegetation cover of flood spreading areas. The management and monitoring of vegetation cover in such ecosystems are based on the quantitative characteristics of the rangelands. Since the data obtained from sampling forms the foundation of research results and is generalized to the studied community, it is essential to exercise utmost precision in sampling so that the size and number of samples are determined according to established scientific principles. Sampling errors in rangelands are influenced by factors such as the size and number of plots, sampling methods, and natural conditions. The size of the sampling units should be appropriate to the size and density of the plants under study. Another important aspect of sampling is determining the required number of samples. If the number of samples exceeds the necessary amount, it will increase costs, extended sampling time, and various complications. Therefore, in the present study, in addition to determining the size and number of plots necessary for measuring vegetation cover, the changes in biodiversity indices due to the increase in plot size and number in the flood distribution area of Birjand were examined. Ultimately, the most accurate plot size and number and biodiversity indices in the studied area were introduced.

Methodology: This research was conducted in a section of the flood spreading project in the Birjand plain during the spring 2024. This area is considered part of a dry region. According to meteorological data from the Birjand station, this area has an average annual rainfall of 152.2 mm and an annual temperature of 16.25 degrees Celsius. In this study, plots of various sizes (1, 2, 3, 4, 5 and 6 m^2) were established along 5 transects, with an equal number of 30 plots for each size (1×1, 2×1, 3×1, 2×2, 5×1 and 6×1 m). Within each plot, plant density and percentage of vegetation cover were determined. Based on plant density, numerical indices of richness, dominance, heterogeneity, and evenness of species were calculated in the R environment. The time required to measure the density for each plot size was recorded, and based on Wiegert's method, relative variance and relative cost were calculated to determine the optimal plot size for vegetation cover in the flood spreading area. After determining the appropriate plot size, 10, 20, 30, 40, 50, and 60 plots were established along 6 transects, and the density and percentage of vegetation cover were also determined within them. Based on plant density, numerical indices of richness, diversity, and evenness of species were calculated in the R environment. In this study, in addition to the optimal number of plots using Wiegert's method, the required number of plots was also calculated using Cochran's method. Wiegert presented two factors: relative variability and relative cost, which were important for finding the optimal plot size. Since in this study, the dimensions and number of plots were different, the refraction method was used to compare species richness, and the diversity ordering method was used to compare species heterogeneity. To compare the number of individuals, species richness (number of

***Corresponding author:** Moslem Rostampour
Address: Department of Rangeland and Watershed Management and Research Group of Drought and Climate Change, Faculty of Natural Resources and Environment, University of Birjand, Birjand, Iran.
Tel:+989151637869
Email:rostampour@birjand.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

species), Shannon's species diversity indices, and Simpson's species dominance indices, non-parametric permutation tests were used for the species diversity indices concerning plot numbers. All statistical analyses were performed in the R environment and the PAST software.

Results and Discussion: The results show that plot sizes of 6 and 5 m^2 have the maximum product of relative variance in relative cost, while plot sizes of 1 m^2 and 4 m^2 have the minimum product of relative variance in relative cost. Therefore, plot sizes of 1 and 4 m^2 will be considered as optimal plots. Since the average vegetation cover of the entire area was about 25%, it seems that the 4 m^2 plot with 30% vegetation cover is a more suitable choice for measuring vegetation compared to the 1 m^2 plot with 15.5% vegetation cover. In this study, the necessary number of plots for vegetation studies using the graphical method was calculated. As the number of plots increased to 60, the number of observed species increased uniformly. From plots 15 to 23 and also from 35 to 40, the trend of changes was stable, therefore, at least 35 plots should be established in the studied area.

Conclusion: Generally, rainwater harvesting systems, especially flood spreading systems in arid and semi-arid regions, have a significant impact on the quantitative and qualitative indicators of vegetation cover. Considering the dominant growth form of the region's plants and to avoid wasting time and reduce costs, a total of 35 plots of 4 m^2 are sufficient to determine the percentage of vegetation cover in this area. Additionally, to investigate and calculate species diversity indices in the flood-spreading area, 90 plots of 6 m^2 are required.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: Financial support: This research was conducted as an independent research and has received financial support from University of Birjand.

Authors' contribution: Moslem Rostampour, Seyedeh Mahbubeh Mirmiran, and Reza Yari as the authors of the paper, conducted all parts of the research and wrote the whole manuscript.

Conflicts of interest: The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: This paper is a part of the results of independent research, therefore the authors appreciate the efforts of the Research and Technology Affairs Department of the University of Birjand

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

تعیین اندازه و تعداد پلات بهینه برای پایش پوشش گیاهی و ارزیابی تنوع زیستی در منطقه پخش سیلاب بیرجند

مسلم رستم‌پور*[۱]، سیده محبوبه میرمیران[۲]، رضا یاری[۳]

۱. دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری و عضو گروه پژوهشی خشکسالی و تغییر اقلیم، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران، rostampour@birjand.ac.ir

۲. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، mmirmiran@yahoo.com

۳. استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران، yarireza1364@gmail.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۲۵ مهر ۱۴۰۳
بازنگری: ۰۶ آذر ۱۴۰۳
پذیرش: ۰۸ دی ۱۴۰۳
انتشار برخط: ۲۳ خرداد ۱۴۰۴

واژه‌های کلیدی:
ارزیابی مرتع، جمع‌آوری آب، شدت نمونه‌برداری، غنای گونه‌ای، روش ویگرت

چکیده

پایه و اساس نتایج پژوهش‌های گیاهی، نمونه‌برداری و تعیین تعداد و ابعاد پلات متناسب است. این پژوهش به‌منظور تعیین اندازه و تعداد پلات بهینه برای پایش پوشش گیاهی و ارزیابی تنوع زیستی در بخشی از مراتع پروژه پخش سیلاب دشت بیرجند در بهار سال ۱۴۰۳ انجام شد. در این پژوهش، پلات‌هایی با اندازه‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ مترمربع با تعداد یکسان (هر کدام ۳۰ پلات) در طول پنج ترانسکت ۱۰۰متری برای تعیین ابعاد پلات مستقر شد. زمان لازم برای اندازه‌گیری تراکم برای هر کدام از اندازه‌های مختلف پلات یادداشت شد و بر اساس روش ویگرت و محاسبه واریانس نسبی و هزینه نسبی، اندازه پلات مناسب برای پوشش گیاهی عرصه پخش سیلاب تعیین شد. پس از تعیین اندازه پلات مناسب، تعداد ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ پلات در طول شش ترانسکت ۱۰۰ متری مستقر شد و در داخل آن‌ها تراکم، درصد پوشش گیاهی و شاخص‌های تنوع زیستی تعیین شد. علاوه‌براین، تعداد پلات لازم نیز به روش ترسیمی و کوکران محاسبه شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در در محیط R و نرم‌افزار PAST انجام شد. نتایج روش ویگرت و ضریب تغییرات (CV) نتایج نشان می‌دهد که اندازه پلات ۴ متر مربع بیش‌ترین دقت را در اندازه‌گیری درصد پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه دارد. به‌طورکلی با توجه به فرم رویشی غالب منطقه و همچنین برای جلوگیری از هدررفت زمان و کاهش هزینه تعداد ۳۵ پلات ۴ مترمربعی برای بررسی خصوصیات کمی پوشش گیاهی در منطقه پخش سیلاب کافی است. همچنین برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی در منطقه پخش سیلاب، ۹۰ پلات ۶ مترمربعی لازم است. نتایج روش‌های ترسیمی (منحنی جزء نادر و منحنی درجه‌بندی تنوع) و آزمون ناپارامتری جایگشت نشان داد تراکم و شاخص‌های تنوع و غالبیت گونه‌ای تحت تاثیر شدت نمونه‌برداری قرار می‌گیرند.

استناد: رستم‌پور، مسلم، میرمیران، سیده محبوبه، و یاری، رضا. (۱۴۰۴). تعیین اندازه و تعداد پلات بهینه برای پایش پوشش گیاهی و ارزیابی تنوع زیستی در منطقه پخش سیلاب بیرجند. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۳(۱)، ۱۷-۳۴.

DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

©نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** مسلم رستم‌پور
نشانی: گروه مرتع و آبخیزداری و گروه پژوهشی خشکسالی و تغییر اقلیم، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
تلفن: ۰۹۱۵۱۶۳۷۸۶۹
پست الکترونیکی: rostampour@birjand.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

مقدمه

پخش سیلاب به‌عنوان یکی از شیوه‌های مهار سیلاب، با افزایش حجم سفره آب زیرزمینی، علاوه بر جلوگیری از خسارت‌های ناشی از جریان سیلاب‌ها، موجب احیاء پوشش گیاهی و افزایش تولید علوفه مراتع در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود (ضیائیان فیروزابادی و همکاران، ۱۳۹۹؛ خسروی مشیری و همکاران، ۱۴۰۱؛ خصلتی و همکاران، ۱۴۰۲). اجرای عملیات پخش سیلاب در مراتع، زیست بوم ویژه ای ایجاد می‌کند که موجب بهبود شرایط محیطی مانند رطوبت کافی و ماده آلی مناسب و هم‌چنین بهبود کیفیت و سلامت خاک در اکوسیستم‌های مرتعی می‌شود (سلیمان دهکردی و همکاران، ۱۴۰۲؛ حبیبیان و همکاران، ۱۴۰۳).

یکی از اهداف مدیریت ایستگاه‌های پخش سیلاب در کشور، بررسی و پایش تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی عرصه پخش سیلاب است. مدیریت و پایش پوشش گیاهی در چنین اکوسیستم‌هایی، بر اساس ویژگی‌های کمی مراتع است. برای تخمین این ویژگی‌ها، تکنیک‌ها و رویکردهای متعددی طراحی شده است (Acar & Osamn, 2022). نمونه‌برداری از پوشش گیاهی، یکی از روش‌های جمع آوری اطلاعات از اکوسیستم‌های مرتعی است که عموماً به‌صورت ذهنی؛ تا عینی انجام می‌شود (رستم‌پور و افتخاری، ۱۴۰۱). از آن‌جاکه داده‌های حاصل از نمونه‌برداری، پایه و اساس نتایج پژوهش را تشکیل می‌دهد و به جامعه مورد بررسی تعمیم داده می‌شود از این‌رو لازم است در نمونه‌برداری نهایت دقت صورت گیرد تا اندازه و تعداد نمونه بر اساس اصول علمی تعیین شده باشد (زارع چاهوکی، ۱۴۰۱). Brennan (۲۰۲۳) با تاکید بر گزارش جزئیات مهم نمونه‌برداری در پژوهش‌های علوم گیاهی، با بررسی ادبیات تحقیق بیان می‌کند که از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۲، شواهد قابل توجهی از نمونه‌برداری با اندازه نادرست پلات مشاهده شده است. از طرفی خطاهای نمونه‌برداری در مراتع تحت تأثیر عواملی مانند اندازه و تعداد پلات، روش‌های نمونه‌برداری و شرایط طبیعی قرار می‌گیرند (Yang and Guo, 2024). از نظر آماری برای انتخاب بهترین اندازه پلات دو روش موجود است. Wiegert (۱۹۶۲) روشی عمومی را ارائه نمود که می‌توان از آن برای تعیین اندازه پلات بهینه استفاده کرد. Krebs (۲۰۱۴) روشی با محدودیت بیش‌تری را برای برآورد اندازه پلات بهینه ارائه داد.

البته امروزه، از روش‌های نوین برای تعیین اندازه پلات استفاده می‌شود، به‌عنوان نمونه، Wimalasena و همکاران (۲۰۱۵) بر اساس تحلیل‌های خوشه‌ای، CA و NMS، هم‌چنین Hao و همکاران (۲۰۲۰) و Brennan (۲۰۲۳) با استفاده از پهپاد، اندازه بهینه پلات را در جنگل‌های سریلانکا و بیابان‌های چین تعیین کردند. در برخی از تحقیقات، به‌جای اندازه بهینه، به تعیین حداقل اندازه پلات پرداخته شده است؛ به‌عنوان نمونه، Navarro-Rosales & Bell (۲۰۲۲) و Zhang و همکاران (۲۰۲۳) از منحنی سطح–گونه، Zhang و همکاران (۲۰۲۴) از پلات‌های تو در تو و Yang & Guo (۲۰۲۴) از روش پنجره متحرک و فناوری GIS برای تعیین حداقل اندازه پلات بهره بردند. در این خصوص در داخل کشور و رویشگاه‌های مختلف مرتعی تحقیقاتی انجام شده است، به‌عنوان نمونه، زنگنه و همکاران (۱۳۹۸) اثر اندازه کوادرات را بر الگوی پراکنش گون (*Astragalus verus* Olivier) در مراتع استان خراسان رضوی بررسی کردند. نتایج آن تحقیق بیانگر آن بود که شاخص‌های ارزیابی الگوی پراکنش تحت تاثیر اندازه کوادرات قرار ندارند. زارع چاهوکی و همکاران (۱۳۹۲) تعداد و اندازه مناسب کوادرات را برای سه رویشگاه علفی، بوته‌ای و گندمی در طالقان استان البرز را به روش آماری تعیین کردند. نتایج تحقیق نشان داد که در رویشگاه گونه آویشن (*Thymus kotschyanus*) تعداد چهل کوادرات، در رویشگاه گونه گون (*Astragalus microcephalus*) تعداد ۳۰ پلات و در رویشگاه گونه بروموس (*Bromus tomentellus*) تعداد ۴۰ پلات برای برآورد درصد پوشش گیاهی مناسب است. هم‌چنین اندازه پلات در رویشگاه‌های بوته‌زار گون و علفی آویشن چهار مترمربع و در رویشگاه گندمی بروموس یک مترمربع توصیه شد. بارانیان و همکاران (۱۳۹۳) اثر اندازه پلات را بر خصوصیات پوشش گیاهی رویشگاه‌های بروموس و گون در مراتع نیمه استپی استان اصفهان مطالعه کردند. نتایج نشان داد که بین اندازه‌های مختلف پلات تفاوت معنی‌داری وجود دارد. فخارایزدی و همکاران (۱۳۹۳)، به منظور بررسی اثر تعداد و اندازه پلات بر تولید مراتع شمال کشور از روش ترسیمی استفاده کردند، آن‌ها در تحقیق خود کوادرات‌هایی با اندازه ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۶ و ۳۲ متر مربع به‌کار بردند. نتایج نشان داد که کاربرد پلات ۱ مترمربع، کم‌ترین میزان اشتباه معیار از میانگین را داشته و دقیق‌ترین اندازه پلات در منطقه مورد مطالعه محسوب می‌شود.

یکی دیگر از مواردی که در نمونه‌برداری اهمیت زیادی دارد، تعیین تعداد (حجم) نمونه مورد نیاز است. اگر تعداد نمونه زیادتر از حد باشد، سبب افزایش هزینه و زمان نمونه‌برداری و مشکلات متعدد خواهد شد. از طرفی اگر تعداد نمونه کم‌تر از حد مناسب باشد، نتایج حاصل از نمونه برای تعمیم به جامعه دارای خطای زیادی خواهد بود. به‌ویژه در پژوهش‌های علوم محیطی، باتوجه به تغییرات زیاد متغیرها لازم است که تعداد نمونه مطلوب انتخاب شود تا بتوان نتایج حاصل از نمونه را با دقت قابل قبولی به جامعه مورد بررسی تعمیم داد (زارع چاهوکی، ۱۴۰۱). از آن‌جایی که برآورد بسیاری از خصوصیات پوشش گیاهی هم‌چون تراکم، درصد پوشش و شاخص‌های غنا و تنوع گونه ای وابسته به تعداد پلات است (رستم‌پور و افتخاری، ۱۴۰۲)، از این‌رو تعیین تعداد پلات که نتایج قابل قبولی را فراهم کند از ابتدایی‌ترین تصمیماتی است که متخصصین علوم مرتع می‌بایست اتخاذ کنند (رستم‌پور و ساغری، ۱۴۰۲). رستم‌پور و ساغری (۱۴۰۲) در پژوهش خود

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

به روش‌های ترسیمی، منحنی تجمع گونه‌ای و روش‌های آماری اشاره کرد. Metcalfe و همکاران (۲۰۰۸) از برآورد نقطه‌ای (حدود اطمینان ۱۰ درصد) و James-Pirri و همکاران (۲۰۰۷) و رستم‌پور و افتخاری (۱۴۰۱) از تحلیل توان برای تعیین تعداد پلات استفاده کردند. با توجه به نتایج مطالعات انجام گرفته در رابطه با این موضوع می‌توان انتظار داشت که تعیین تعداد و اندازه پلات به روش‌های آماری و ترسیمی دقت کافی برای نمونه‌برداری را داشته باشند.

اگرچه امروزه فناوری‌های نوین هم‌چون وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین، سنجش از دور، حسگرهای دستی و برنامه‌های تلفن همراه می‌تواند در ارزیابی پوشش گیاهی و تنوع زیستی مراتع مفید باشد، با این وجود، همیشه نیاز به روش‌های دقیق نمونه‌برداری برای کنترل زمینی داده‌ها و واسنجی ابزارهای با فناوری‌های پیشرفته ضروری خواهد بود (Brennan, 2023). از این‌رو در پژوهش حاضر، علاوه‌بر تعیین اندازه و تعداد پلات لازم برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی، تغییرات شاخص‌های تنوع زیستی در اثر افزایش اندازه و تعداد پلات در منطقه پخش سیلاب بیرجند بررسی شد و در نهایت دقیق‌ترین اندازه و تعداد پلات و شاخص تنوع زیستی در منطقه مورد مطالعه معرفی شد.

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در بخشی از مراتع پروژه پخش سیلاب دشت بیرجند در بهار سال ۱۴۰۳ انجام شد. این منطقه در حد فاصل ۳۲ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی و ۵۹ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی در فاصله ۷ تا ۳۵ کیلومتری جاده بیرجند–زاهدان در جنوب شرق شهرستان بیرجند واقع شده است. بخش اداری ایستگاه در کیلومتر ۲۵ جاده بیرجند–زاهدان قرار دارد. این ایستگاه در سال ۱۳۷۵ با عنوان ایستگاه تحقیقاتی، آموزشی و ترویجی آبخوان‌داری بیرجند در سطح ۵۰۰۰ هکتار برنامه‌ریزی و در سطح ۳۲۰۰ هکتار با پنج سامانه پخش سیلاب به نام‌های بهدان، چاج– خراشاد، نوفرست، یکه درخت و مود اجرا شد که پخش سیلاب حاصل از چهار رودخانه فصلی با اهمیت دشت بیرجند را به‌عهده دارند. طبق طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن جزء مناطق خشک محسوب می‌شود. بر اساس اطلاعات هواشناسی ایستگاه بیرجند این منطقه دارای میانگین بارش سالانه ۱۵۲/۲ میلی‌متر و دمای سالانه ۱۶/۲۵ سانتی‌گراد است.

روش تحقیق

عرصه نمونه‌برداری، خارج از تاغزارهای دست کاشت بود و گونه‌های غالب منطقه، *Scariola orientalis* (Boiss.) Sojak و *Acanthopyyllum squarrosum* Boiss. با فرم رویشی بوته‌ای با زیراشکوبی از گراس‌ها بود. پس از انتخاب منطقه معرف در عرصه پخش سیلاب، نمونه‌برداری به‌صورت تصادفی–سیستماتیک (ارزانی و عابدی، ۱۳۹۴) انجام شد. در این پژوهش، پلات با اندازه‌های مختلف ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ مترمربع (۱×۱، ۲×۱، ۳×۱، ۲×۲ ، ۵×۱ و ۶×۱ متر) با تعداد یکسان (هرکدام ۳۰ پلات) در طول ۵ ترانسکت ۱۰۰ متری مستقر شد و در داخل پلات، تراکم و درصد پوشش گیاهی تعیین شد. بر اساس تراکم گیاهی، شاخص‌های عددی غنا، غالبیت، ناهمگنی و یکنواختی گونه‌ای در محیط R محاسبه شد. زمان لازم برای اندازه‌گیری تراکم برای هر کدام از اندازه‌های مختلف پلات یادداشت شد و بر اساس روش ویگرت و محاسبه واریانس نسبی و هزینه نسبی، اندازه پلات مناسب برای پوشش گیاهی عرصه پخش سیلاب تعیین شد. پس از تعیین اندازه پلات مناسب، تعداد ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ پلات (از اندازه مناسب تعیین شده در مرحله قبل) در طول شش ترانسکت ۱۰۰ متری مستقر شد و در داخل آن‌ها نیز تراکم و درصد پوشش گیاهی تعیین شد. بر اساس تراکم گیاهی، شاخص‌های عددی غنا، تنوع و یکنواختی گونه‌ای در محیط R محاسبه شد (R Core Team, 2021).

روش ویگرت

Wiegert (۱۹۶۲) دو عامل تغییرپذیری نسبی و هزینه نسبی را ارائه نمود که در یافتن اندازه پلات بهینه مهم بودند. در هر مطالعه میدانی، زمان و پول جزء منابع محدود کننده هستند؛ لذا باید در ارتباط با زمان، چگونگی بهینه‌سازی مورد بررسی قرار گیرد. فرض بر این است که زمان برابر پول است و در ارائه فرمول مربوطه رابطه ۱ هر کدام از این دو واحد را می‌توان به کار برد. هزینه‌های نمونه‌برداری در محتوای ساده آن دارای دو مولفه است (رابطه ۱):

$$C = C_O + C_X \quad (۱)$$

که در آن: C= کل هزینه برای یک نمونه، C_O= هزینه‌های ثابت یا سر بار، و C_X= هزینه برداشت یک قاب نمونه با اندازه x است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

هزینه‌های ثابت شامل زمان پیاده‌روی بین نقاط نمونه‌برداری و زمانی است که صرف مکان‌یابی نقاط تصادفی برای استقرار پلات می شود. قاعده عملی این است که اندازه ای از پلات انتخاب می‌شود که حاصل‌ضرب (هزینه نسبی)×(تغییرات نسبی) را به حداقل برساند. اگر از هزینه‌های ثابت صرف نظر شود و زمان برداشت یک نمونه به‌عنوان کل هزینه به‌کار رود، هزینه نسبی برای هر اندازه پلات بر اساس رابطه (۲) محاسبه شد (Krebs, 2014):

$$\text{هزینه‌ی نسبی} = \frac{\text{زمان لازم برای برداشت یک نمونه با اندازه معین}}{\text{حداقل زمان برای برداشت یک نمونه}} \quad (۲)$$

واریانس نیز در مقیاس نسبی بر اساس رابطه (۳) محاسبه شد.

$$\text{واریانس نسبی} = \frac{(\text{انحراف معیار})^2}{(\text{حداقل انحراف معیار})^2} \quad (۳)$$

شکل ۱- نمایی از مراتع منطقه پخش سیلاب بیرجند

Figure 1- A view of the rangeland of Birjand flood spreading area

تجزیه و تحلیل آماری

در پژوهش حاضر، علاوه‌بر تعیین تعداد پلات بهینه به روش ویگرت، تعداد پلات لازم نیز به روش کوکران محاسبه شد. به‌منظور تعیین تعداد پلات لازم در صورتی‌که داده‌ها پیوسته باشند (مثل داده‌های درصد پوشش گیاهی) از رابطه‌های (۴) و (۵) استفاده شد.

$$n = \frac{t_\alpha^2 cv^2}{d^2} \quad (۴)$$

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad (۵)$$

که در آن n: تعداد نمونه لازم، t_α: مقدارt ازجدول t با n-1 درجه آزادی در سطح معنی‌دار مورد نظر، S: انحراف معیار داده‌ها، $\bar{X}$: میانگین مقادیر نمونه‌گیری اولیه، d: درصد صحت مورد نیاز و cv: ضریب تغییرات است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

در پژوهش حاضر، دقت نمونه‌برداری با استفاده از اشتباه معیار از میانگین (SE) و ضریب تغییرات (CV)، بر اساس قاعده کلی بررسی شد (Krebs, 2014):

باریک‌ترین فاصله اطمینان برای میانگین= کم‌ترین اشتباه معیار میانگین= بیش‌ترین دقت آماری

از آن‌جایی‌که در پژوهش حاضر، ابعاد و تعداد پلات متفاوت بود، به‌منظور مقایسه غنای گونه‌ای از روش منحنی‌های جزء نادر[1] و برای مقایسه ناهمگنی گونه‌ای از منحنی درجه‌بندی تنوع به روش رنی[2] استفاده شد. برای مقایسه تعداد پایه، غنای گونه‌ای (تعداد گونه) و شاخص تنوع گونه‌ای شانون و غالبیت گونه‌ای سیمپسون شاخص‌های تنوع بر تعداد پلات نیز از آزمون ناپارامتریک جایگشت استفاده شد. کلیه تجزیه و تحلیل‌های آماری در در محیط R (R Core Team, 2021) و نرم‌افزار PAST (Hammer et al., 2020) انجام شد.

نتایج و بحث

انتخاب اندازه پلات بهینه

در پژوهش حاضر اندازه پلات بهینه به روش ویگرت محاسبه شد. بر اساس این روش اندازه سطح پلاتی که دارای کم‌ترین مقدارحاصل ضرب واریانس نسبی در هزینه نسبی باشد، به‌عنوان پلات بهینه معرفی می‌شود. نتایج نشان می‌دهد که اندازه پلات ۶ مترمربع و ۵ مترمربع دارای حداکثر مقدار حاصل‌ضرب واریانس نسبی در هزینه نسبی بودند و اندازه پلات ۱ مترمربع و ۴ مترمربع دارای حداقل مقدار حاصل‌ضرب واریانس نسبی در هزینه نسبی هستند، از این‌رو اندازه پلات ۱ مترمربع و ۴ مترمربع به‌عنوان پلات بهینه محسوب شد جدول ۱. مشابه نتیجه پژوهش حاضر، نتایج پژوهش طهماسبی و همکاران (۱۳۹۱) نیز نشان داد که با در نظر گرفتن معیارهای دقت، زمان، نسبت محیط به مساحت و راحتی و قابل استفاده بودن، پلات ۴ مترمربعی بهترین گزینه انتخابی برای برآورد درصد پوشش گیاهی در مراتع نیمه استپی است. رستم‌پور و افتخاری (۱۴۰۲) برای برآورد تراکم گیاهی منطقه حفاظت شده شاسکوه ۸۰ پلات ۴ مترمربعی را توصیه کردند.

جدول ۱- انتخاب اندازه پلات بهینه برای اندازه گیری درصد پوشش گیاهی به روش ویگرت

Table 1- Choosing the optimal plot size for measuring the vegetation cover by Wiegert's Method

Plot size (m^2)	SD	Time to take one sample (min)	(1) Relative variance	(2) Relative cost	Product of (1) × (2)
1	9.23	1.47	1	1	1
2	16	3.50	3	2.38	7.15
3	18.34	8.80	3.95	5.99	23.63
4	12.21	5.73	1.75	3.90	6.82
5	14.94	14.83	2.62	10.09	26.44
6	17.69	13.80	3.67	9.39	34.48

از آن‌جایی‌که میانگین پوشش گیاهی کل منطقه حدود ۲۵ درصد بود، به‌نظر می‌رسد اندازه پلات ۴ متر مربع با ۳۰ درصد پوشش گیاهی نسبت به اندازه پلات ۱ متر مربع با ۱۵/۵ درصد پوشش گیاهی، انتخاب مناسب‌تری برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی باشد. برای اثبات این ادعا از شاخص‌های آمار توصیفی شامل انحراف معیار، اشتباه معیار و ضریب تغییرات استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که اندازه پلات ۴ متر مربع دارای کم‌ترین ضریب تغییرات بوده (۴۰/۷۰) از این رو بیش‌ترین دقت را در اندازه‌گیری درصد پوشش گیاهی در منطقه داشت (جدول ۲).

علاوه‌بر درصد پوشش گیاهی، صفت تراکم گیاهی نیز برآورد شد. میانگین تراکم کل منطقه (در یک مترمربع) ۱/۷۰ است و از لحاظ صحت، اندازه پلات ۱ مترمربع و ۳ متر مربع به میانگین منطقه نزدیک‌تر است، اما نتایج نشان می‌دهد که اندازه پلات ۴ مترمربع کم‌ترین ضریب تغییرات (۵۳/۲۲) را داشته و بنابراین بیش‌ترین دقت را در برآورد تراکم گیاهی در منطقه مورد مطالعه داشت (جدول ۳).

[1] Rarefaction curves
[2] Renyi diversity ordering

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

جدول ۲- انتخاب اندازه پلات بهینه برای اندازه گیری درصد پوشش گیاهی بر اساس ضریب تغییرات (CV)

Table 2- Choosing the optimal plot size for measuring vegetation percentage based on the coefficient of variation (CV)

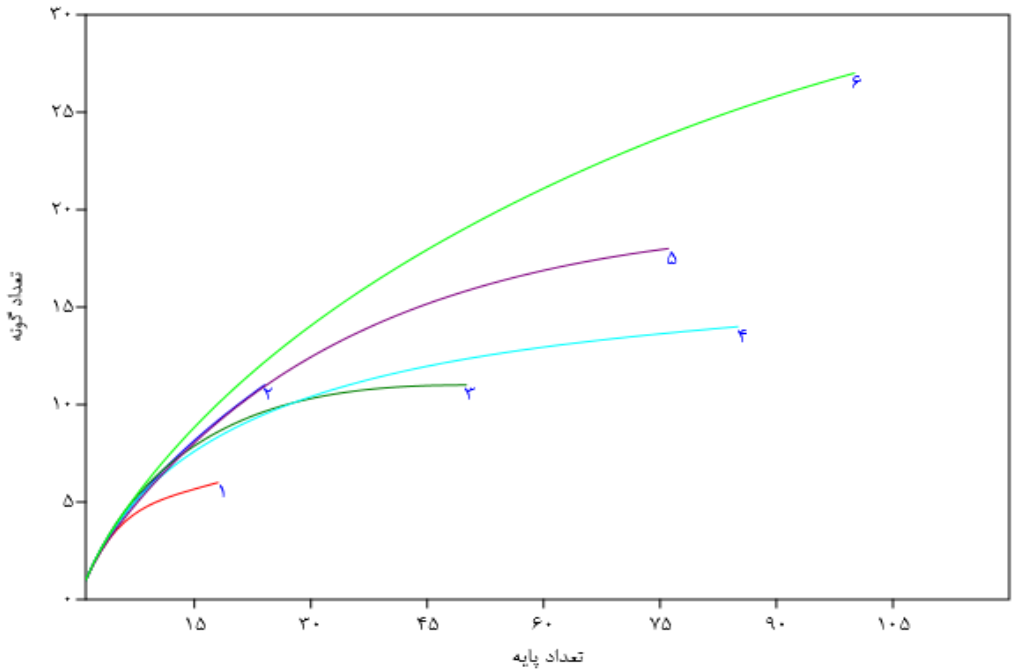
Plot size (m^2)	Mean	SE	CV
1	15.50	2.92	59.53
2	19	5.06	84.25
3	31.80	5.80	57.69
4	30	3.86	40.70
5	20.10	4.73	74.44
6	33.50	5.59	52.81

جدول ۳- انتخاب اندازه پلات بهینه برای برآورد تراکم گیاهی بر اساس ضریب تغییرات (CV)

Table 3- Choosing the optimal plot size for plant density estimation based on the coefficient of variation (CV)

Plot size (m^2)	Mean	SD	SE	CV
1	1.80	1.23	0.39	68.29
2	1.30	0.92	0.29	70.69
3	1.67	1.11	0.35	66.67
4	2.72	1.45	0.46	53.22
5	1.42	0.96	0.30	67.53
6	1.50	0.94	0.30	62.85

به‌منظور مقایسه غنای گونه‌ای در نمونه‌برداری با ابعاد مختلف، از منحنی جزء نادر استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که منحنی مربوط به اندازه پلات ۶ مترمربع در بالاتر از همه قرار دارد و از غنای گونه‌ای بیش‌تری برخودار است. پایین‌ترین منحنی مربوط به اندازه پلات ۱ مترمربع است که تنها ۶ گونه گیاهی با ۱۸ پایه مشاهده شده است. بین اندازه پلات ۲ و ۳ مترمربع، اگرچه تعداد گونه یکسانی مشاهده شد (۱۱ گونه)، اما با افزایش اندازه پلات، تعداد پایه شمارش شده افزایش پیدا کرد (از ۲۴ پایه به ۵۰ پایه). به‌علت تداخل محورها و هم‌پوشانی حدود اطمینان ۹۰ درصد (به‌علت عدم وضوح، در شکل حذف شده است) اندازه پلات ۲، ۳، ۴ و ۵ متر مربع با یکدیگر قابل مقایسه نیستند (شکل ۲).



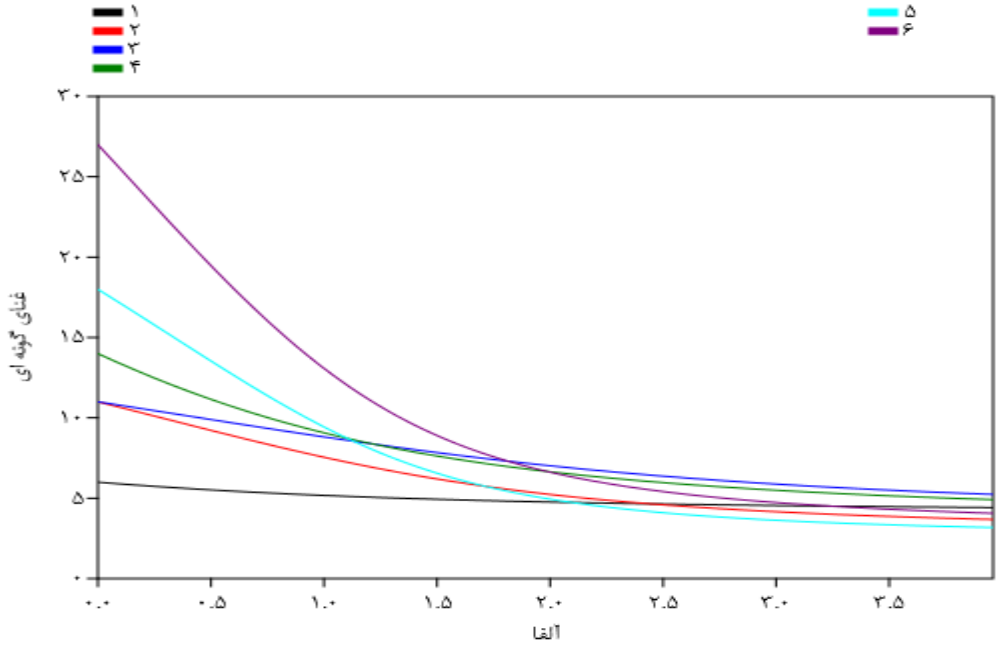
شکل ۲- منحنی جزء نادر افزایش تجمعی غنای گونه‌ای برای اندازه‌های مختلف پلات. این منحنی، غنای گونه‌ای تجمعی را بر اساس تعداد پایه شمارش شده در اندازه‌های مختلف پلات ترسیم می‌کند.

Figure 2- Rarefaction curves of cumulative increase of species richness for each plot size: The curve is plotted for cumulative species richness as the function of individual plant species counts in different plot sizes.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

به‌منظور مقایسه ناهمگنی گونه‌ای در نمونه‌برداری با ابعاد مختلف، از منحنی درجه‌بندی تنوع به روش رنی استفاده شد. همان‌طورکه در نمودار نشان داده می‌شود؛ پروفیل مربوط به اندازه پلات ۶ مترمربع، غنای گونه‌ای بالاتری داشته (۲۱ گونه) و بالاتر از همه و اندازه پلات ۱ مترمربع، کم‌ترین غنای گونه‌ای را دارد (۶ گونه) و پایین‌تر از همه قرار دارد، ولی از آن‌جایی‌که پروفیل‌ها هم‌دیگر را قطع می‌کنند مقادیر ناهمگنی گونه‌ای قابل مقایسه نیستند (شکل ۳).



شکل ۳- منحنی درجه‌بندی تنوع به روش رنی برای اندازه‌های مختلف پلات

Figure 3- Diversity ordering curve (Renyi) for each plot size

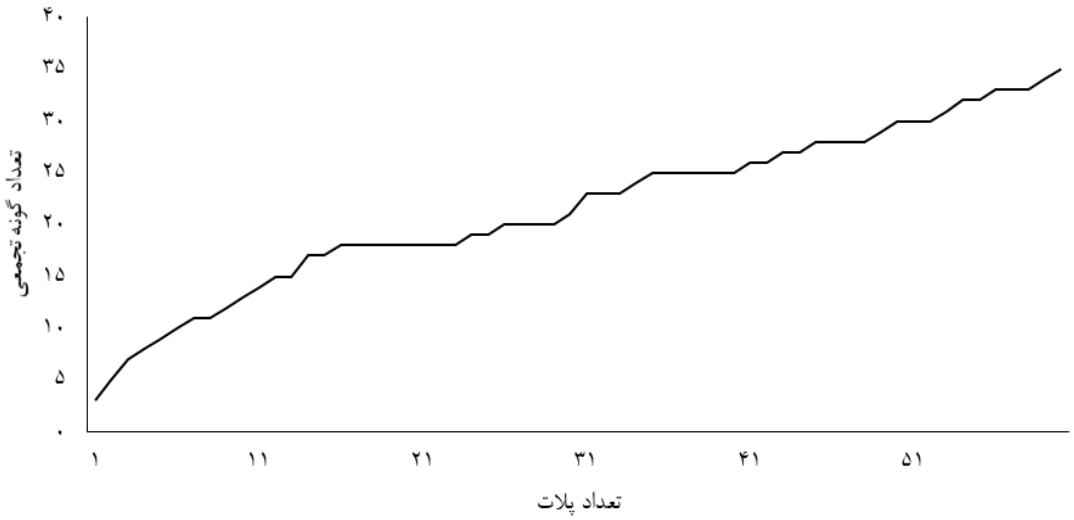
انتخاب تعداد پلات لازم

در پژوهش حاضر تعداد پلات لازم برای مطالعات پوشش گیاهی به روش ترسیمی محاسبه شد. با افزایش تعداد پلات تا ۶۰ عدد، تعداد گونه مشاهده شده به‌صورت یکنواخت افزایش پیدا کرد. از پلات ۱۵ تا ۲۳ و هم‌چنین ۳۵ تا ۴۰، روند تغییرات ثابت بود و منحنی مماس بود، بنابراین در منطقه مورد مطالعه حداقل ۳۵ پلات می‌بایست در مرتع مستقر شود. همان‌طورکه مشاهده می‌شود از پلات ۴۰ تا ۶۰ در هیچ نقطه‌ای، منحنی ثابت نمی‌شود، بنابراین به‌نظر می‌رسد که برای ارزیابی غنای گونه‌ای حتی ۶۰ پلات نیز کافی نباشد (شکل ۴).

هم‌چنین تعداد پلات لازم به روش کوکران تعیین شد. بر اساس نمونه‌برداری اولیه در ۱۵ پلات، ضریب تغییرات (CV) برابر با ۰/۴۴ است و با استفاده از جدول t، مقدار t با درجه آزادی ۱۴ و سطح معنی‌داری ۵ درصد و در نظر گرفتن آزمون دو دامنه برابر ۲/۱۴۵ است. در صورتی‌که صحت ارزیابی‌ها با احتمال ۹۵ درصد دارای خطای ۱۰ درصد باشد، تعداد پلات لازم برای نمونه‌برداری حدود ۸۹/۲۲ یا به طورکلی ۹۰ عدد است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

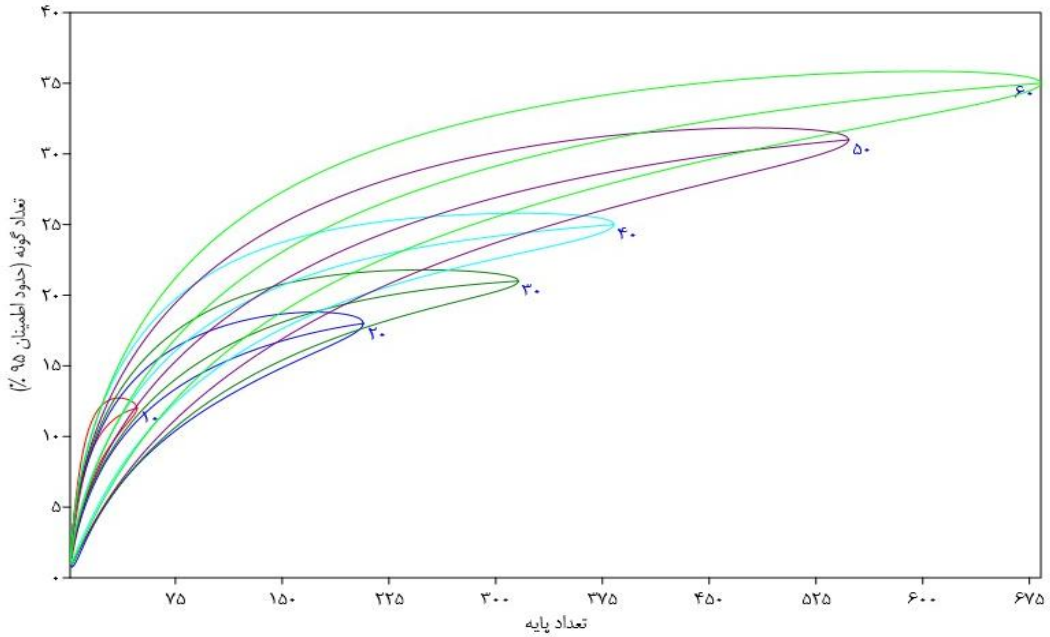
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]



شکل ۴- تعیین تعداد پلات لازم برای اندازه‌گیری پوشش گیاهی به روش ترسیمی در منطقه مورد مطالعه

Figure 4- Determining number of plots required for measuring vegetation by graphical method in the studied area

منحنی جزء نادر و درجه‌بندی تنوع نشان می‌دهد که با افزایش تعداد پلات، غنای گونه‌ای و ناهمگنی گونه‌ای افزایش پیدا می‌کند. در این‌جا نیز به‌علت نزدیکی منحنی‌ها و تداخل حدود اطمینان ۹۰ درصد، تعداد پلات‌های مختلف به لحاظ غنای گونه‌ای و تنوع گونه‌ای قابل مقایسه با یکدیگر نیستند (شکل‌های ۵ و ۶).

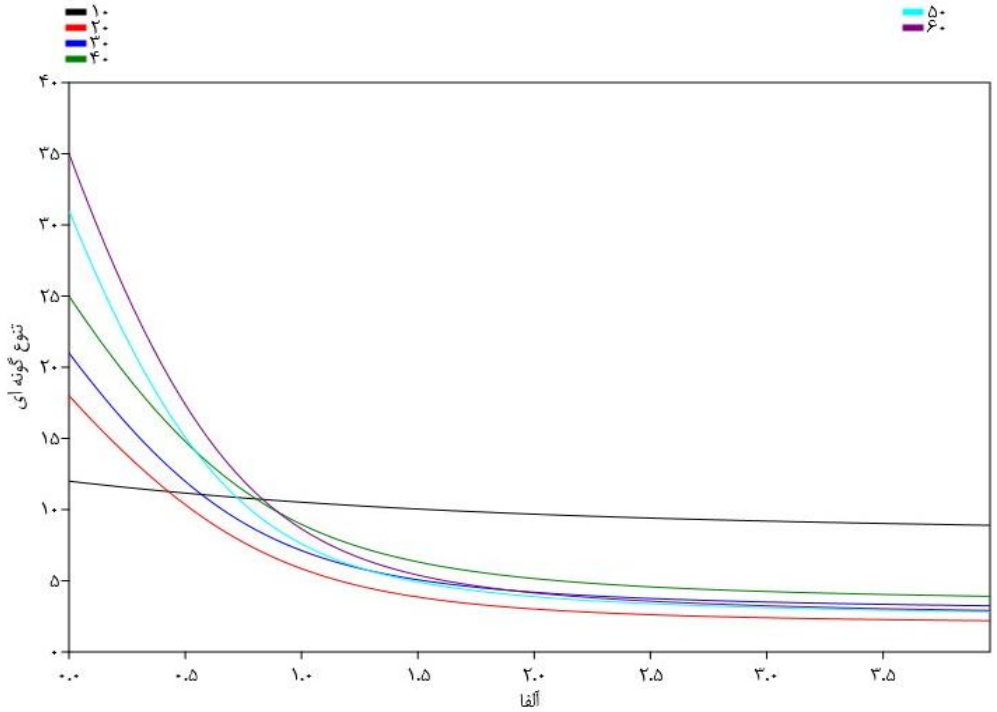


شکل ۵- منحنی جزء نادر افزایش تجمعی غنای گونه‌ای برای تعداد مختلف پلات (این منحنی، غنای گونه‌ای تجمعی را بر اساس تعداد پایه شمارش شده در تعداد مختلف پلات ترسیم می‌کند.)

Figure 5- Rarefaction curves of cumulative increase of species richness for each sample size (The curve is plotted for cumulative species richness as the function of individual plant species counts in different sample sizes.)

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]



شکل ۶- منحنی درجه‌بندی تنوع به روش رنی برای تعداد مختلف پلات

Figure 6- Diversity ordering curve using Renyi method for each sample size

مقایسات فوق به روش‌های ترسیمی انجام شد، برای مقایسه آماری از آزمون ناپارامتری جایگشت استفاده شد. در این‌جا صرفاً نتایج مقایسه تعداد پایه، تعداد گونه (غنای گونه‌ای) و شاخص‌های تنوع شانون و غالبیت سیمپسون در بین تعداد پلات ۱۰ و ۲۰، ۳۰ و ۴۰ ارائه شده است (جدول ۴). همان‌طورکه نتایج روش ترسیمی نشان داد از پلات ۱۵ تا ۲۳ و همچنین ۳۵ تا ۴۰، روند تغییرات ثابت بود و بر اساس روش ترسیمی، احتمالا این نقاط (۱۵ یا ۳۵) اندازه پلات مناسب برای مطالعه پوشش گیاهی و برآورد تراکم باشند. اما نتایج آزمون جایگشت نشان می‌دهد که اگرچه بین ۱۰ و ۲۰ پلات و همچنین ۳۰ و ۴۰ پلات به لحاظ تعداد گونه (غنای گونه‌ای) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p\leq0.05$)، اما از لحاظ تعداد پایه که معیاری از تراکم گونه‌ای است به همراه شاخص‌های تنوع و غالبیت گونه‌ای در بین ۱۰ و ۲۰ پلات و همچنین ۳۰ و ۴۰ پلات تفاوت آماری معنی‌داری وجود دارد ($p\geq0.05$).

جدول ۴- مقدار سطح معنی‌داری (p value) آزمون جایگشت برای مقایسه شاخص های تنوع زیستی مربوط به کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین اندازه پلات و کم‌ترین و بیش‌ترین تعداد پلات

Table 4- Significant level (p value) of the permutation test to compare species diversity indices for the different sample sizes

Indices	10	20	Perm p(eq)	30	40	Perm p(eq)
Individuals	48	207	0.00**	316	383	0.00**
Taxa (S)	12	18	0.53	21	25	0.08
Shannon H	2.35	1.77	0.02*	1.96	2.19	0.03*
Dominance	0.10	0.33	0.00**	0.24	0.19	0.04*

** :Significant at 0.01 level, * :Significant at 0.05 level.

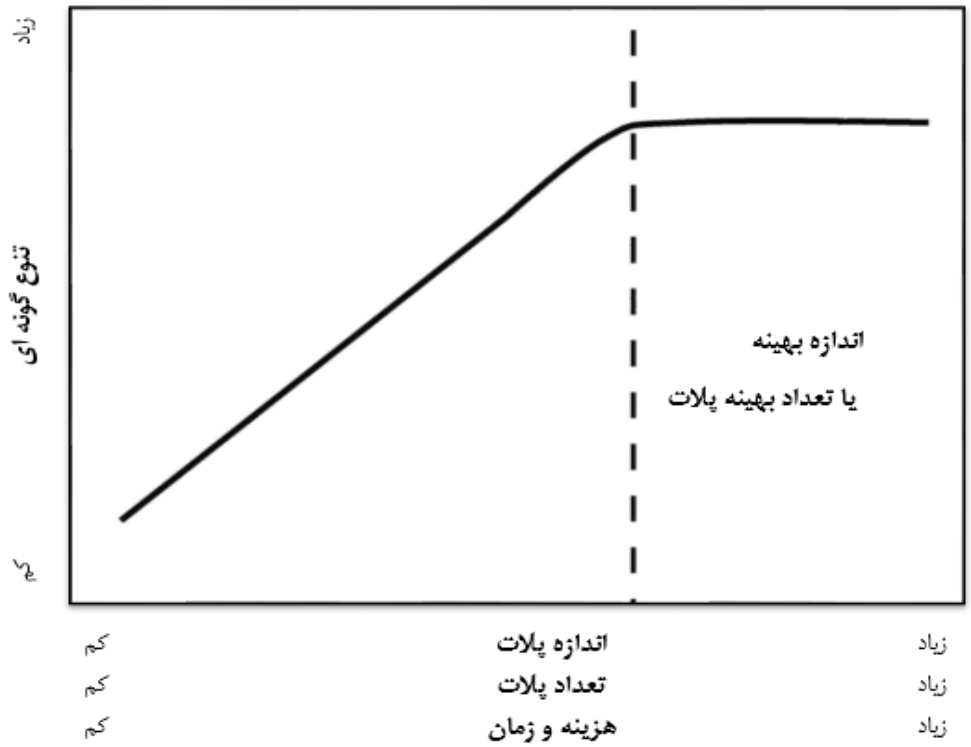
در ادبیات پژوهش سایر علوم، اندازه نمونه[1] همان تعداد نمونه[2] است، اما در ادبیات پژوهش علوم اکولوژی گیاهی، اندازه پلات یا کوادرات[3] به سطحی از نمونه گفته می‌شود که در نمونه‌برداری‌های میدانی به‌کار می‌رود. درحالی‌که اندازه نمونه[4] همان تعداد پلات[5] در نمونه‌برداری‌های میدانی

[1] Sample size
[2] Number of samples
[3] Plot size
[4] Sample size
[5] Number of plots

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

است (Zhao et al., 2023). هم‌چنین حداقل اندازه پلات[1] (MPS) با اندازه پلات بهینه[2] نیز متفاوت است. MPS کوچکترین سطحی از مرتع است که به اندازه کافی ویژگی‌های یک جامعه گیاهی از جمله تنوع گونه‌ای را نشان می‌دهد (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974).

اندازه پلات بهینه: ۱) از نظر آماری همان اندازه‌ای است که برای کل منطقه تحت بررسی و یا برای کل زمان یا پول موجود بالاترین دقت آماری را به‌دست دهد، ۲) از نظر بوم شناختی برای پاسخ به سوال طرح شده بیش‌ترین کارایی را داشته باشد و ۳) از نظر لجستیکی استقرار و کاربرد آن کاملا راحت باشد (Krebs, 2014). تعداد بهینه پلات با حداقل تلاش نمونه‌برداری (از لحاظ هزینه و زمان) اطلاعات بیش‌تری را فراهم می‌کند (رستم‌پور و ساغری، ۱۴۰۲). اگر آنتروپی اطلاعات را معادل با تنوع گونه‌ای بدانیم، با افزایش اندازه و تعداد پلات، شدت نمونه‌برداری افزایش پیدا می‌کند، با افزایش شدت نمونه‌برداری، احتمالاً زمان و منابع مالی مورد نیاز برای نمونه‌برداری افزایش می‌یابد (شکل ۷). نقطه‌ای که بیش‌ترین محتوای اطلاعاتی را با حداقل تلاش نمونه‌برداری بازیابی می‌کند، اندازه و تعداد بهینه پلات محسوب می‌شود (Hoffmann et al., 2019).



شکل ۷- چارچوب نظری تشخیص اندازه یا تعداد بهینه پلات نمونه‌برداری

Figure 7- Theoretical background to identify the optimal size and number of sampling plots

سطح حداقل[3] عبارت است از حداقل سطحی که به‌طور تقریبی در برگیرنده کلیه گونه‌های نماینده منطقه باشد و عموماً با پلات‌های تودرتوی برون–بلانکه تعیین می‌شود (مصداقی، ۱۳۹۳). Kent (۲۰۱۲) معتقد است که عیب عمده روش پلات‌های تودرتو این است که ممکن است سطح پلات بهینه آن قدر بزرگ تعیین شود که تعین معیارهای تراکم بسیار مشکل شود. به‌طورکلی این روش برای طبقه‌بندی پوشش گیاهی توسط برون–بلانکه ابداع شده، لذا بهتر است برای همان منظور نیز استفاده شود. Phukan و Boruah (۲۰۲۱) در مطالعات تنوع زیستی، حداقل اندازه پلات را اندازه‌ای می‌دانند که بتوان بیشینه تنوع گونه‌ای را در آن ثبت کرد. براین اساس، در پژوهش حاضر، اندازه پلات ۶ متر مربعی با بیش‌ترین میزان شاخص تنوع گونه‌ای شانون (۲/۲۷) حداقل اندازه‌ای که می‌توان برای ارزیابی تنوع زیستی در منطقه پخش سیلاب پیشنهاد کرد. در منابع علمی برای جوامع گیاهی مختلف، حداقل اندازه پلات متفاوتی پیشنهاد شده است که بین ۱ تا ۱۰۰ متر مربع متغیر است (جدول ۵).

[1] Minimum plot size
[2] Optimal plot size
[3] Minimal area

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

جدول ۵- حداقل اندازه پلات مورد نیاز برای اجتماعات مختلف گیاهی

Table 5- Recommended minimum sample size for different plant communities (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974, Tiner, 2016, Kent, 2012)

Plant community	Minimum sampling area (m^2)
Herbs	1-2
Grasslands	1-4
Dune grasslands	1-10
Salt marshes	2-10
Wet meadows	5-10
Shrub heaths, tall herbs and grasses	4-16
Tall shrubs	16
Tall herbs, low shrubs	10-25
Dwarf shrublands, alpine meadows	10-50
Pastures	25-50
Scrublands, woodlands	100

در منابع علمی توصیه می‌شود اندازه پلات باید به اندازه کافی بزرگ باشد که شامل تعداد قابل ملاحظه‌ای از گیاهان شود اما در عین حال باید آنقدر بزرگ نباشد که تفکیک و شمارش گیاهان سخت شود. برای پوشش گیاهان علفی، اندازه قاب ۰/۱تا ۱ مترمربع، برای بوته‌ها و درختچه‌ها با ارتفاع ۳ متر، ۱۰ تا ۲۰ مترمربع و برای درختان جنگلی ۵۰ تا۱۰۰ متر مربع پیشنهاد شده است (Krebs, 2014).

اندازه پلات بر مقادیر اندازه‌گیری شده فراوانی، تراکم و پوشش گیاهی، غنا و تنوع گونه‌ای (Zhao et al., 2023) و الگوی پراکنش (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۸) تاثیر می‌گذارد. نمونه‌برداری کافی حتی بر روی نتایج آزمون‌های معنی‌داری در پژوهش‌های علوم گیاهی تاثیرگذار است (Zhao et al., 2023). بنابراین مهم است که از قبل تصمیم گرفته شود که چه سطحی از مرتع (اندازه و تعداد پلات) باید اندازه‌گیری شود. تجربه نشان داده است که انواع مختلف پوشش گیاهی و انواع مختلف معیارهای اندازه‌گیری به اندازه‌های متفاوتی از پلات نیاز دارند (Hill et al., 2005). اندازه و تعداد پلات به فرم رویشی، تراکم پوشش گیاهی، یکنواختی پوشش گیاهی، دقت موردنظر، وسعت تیپ گیاهی، هزینه و زمان بستگی دارد (ارزانی و عابدی، ۱۳۹۴). به‌طورکلی تعداد زیاد پلات با سطح کوچک یا متوسط بر تعداد کم پلات هایی با سطح بزرگ ارجحیت دارد زیرا با پلات‌های کوچک به تعداد زیاد، از تغییرات پوشش گیاهی تصویر بهتری حاصل می‌شود (مصداقی، ۱۳۹۳). البته این نکته را نیز می‌بایست اضافه کرد که مفهوم تعداد نمونه با تعداد تکرار متفاوت است. Burgess و همکاران (۲۰۲۰) در اکوسیستم‌های طبیعی که تحت تأثیر عوامل استرس‌زا (مثل تغییرات آب و هوا، سیل و خشکسالی) قرار می‌گیرند، رویکرد سختگیرانه‌تری اعمال کردند و بیان می‌کنند که بیش‌تر آزمایش‌ها ممکن است به ۲۰ تکرار یا بیش‌تر در هر تیمار نیاز داشته باشند تا قدرت کافی برای تشخیص اثرات متقابل داشته باشند. بنابراین در پژوهش حاضر، این تعداد پلاتی که معرفی شد، تنها برای یک تکرار از آزمایش اعمال خواهد شد.

در جمع‌بندی، اگر چه روش‌های متفاوتی اعم از آماری و ترسیمی نیز برای تعیین اندازه و تعداد پلات وجود دارد، اما قوانین سرانگشتی یا تجربی در برخی از منابع مشاهده می‌شود که به‌صورت کلی به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود: ۱) اگر ۲ گونه فراوان در همه پلات‌ها مشاهده شود، اندازه پلات، خیلی بزرگ است. ۲) اگر فراوان‌ترین گونه‌ها در اکثر پلات‌ها مشاهده نشود، اندازه پلات، خیلی کوچک است. ۳) اگر بیش از ۵ درصد از واحدهای نمونه‌برداری هیچ یک از گیاهان مورد نظر را ندارند، اندازه پلات را افزایش دهید. ۴) اگر فراوانی برای گونه‌های گیاهی مورد مطالعه ۹۰ تا ۱۰۰ درصد است، اندازه کوادرات را کاهش دهید. ۵) اندازه پلات باید به گونه‌ای باشد که فراوانی گونه های مهم بین ۲۰ تا ۸۰ درصد باشد. ۶) اندازه پلات ممکن است بسته به گونه‌های اندازه‌گیری شده، تغییر کند. ۷) اندازه پلات باید ۱ تا ۲ برابر مساحت متوسط رایج‌ترین گونه باشد. ۸) اندازه پلات می‌بایست حداکثر تعداد گونه‌های ممکن را شامل شود. به‌عبارت دیگر، پلات باید به اندازه‌ای بزرگ باشد که تا حد امکان گونه‌های موجود در منطقه را شامل شود.

نتیجه‌گیری

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب، به‌واسطه دارابودن ظرفیت ذخیره‌سازی بالا، کم بودن تبخیر و تلفات آب، عدم نیاز به اختصاص زمین وسیع و غیره، نسبت به راه‌حل‌های دیگر دارای برتری است. با توجه به هزینه بالای اجرای این سامانه و هم‌چنین ارزیابی و پایش تاثیرپذیری این سامانه در شاخص‌های پوشش گیاهی؛ برآورد تعداد پلات و ابعاد آن برای نمونه‌برداری از پوشش گیاهی امری ضروری است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد به‌منظور کاهش هزینه و زمان نمونه‌برداری، برای پایش و ارزیابی درصد پوشش گیاهی به تعداد ۳۵ پلات ۴ مترمربعی و برای بررسی شاخص‌های تنوع و غنای گونه‌ای در سامانه پخش سیلاب به ۹۰ پلات ۶ مترمربعی نیاز است. از آن‌جایی‌که بیش‌تر صفات کمی پوشش گیاهی مانند تراکم، وفور، غنا و تنوع گونه‌ای تحت تاثیر اندازه و تعداد پلات قرار می‌گیرد، از این رو توصیه می‌شود قبل از شروع طرح‌های پایش، تعداد و اندازه پلات با تلفیقی از روش‌های آماری و ترسیمی تعیین شود تا نتایج حاصله قابلیت ارزیابی و تعمیم داشته باشد.

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش در قالب پژوهش آزاد انجام شده و از دانشگاه بیرجند حمایت مالی دریافت نموده است.

مشارکت نویسندگان: مسلم رستم‌پور، سیده محبوبه میرمیران و رضا یاری بخش‌های مختلف مقاله توسط نام‌بردگان انجام و نگاشته شده است.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: نویسندگان این مقاله، از معاونت پژوهشی، فناوری و نوآوری دانشگاه بیرجند برای حمایت مالی از این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

۱. ارزانی، حسین، و مهدی، عابدی. (۱۳۹۴). ارزیابی مرتع اندازه‌گیری پوشش گیاهی (جلد دوم). انتشارات دانشگاه تهران، ۳۲۲ صفحه.

۲. بارانیان، افتخار، بصیری، مهدی، بشری، حسین، و ترکش، مصطفی. (۱۳۹۳). تأثیر اندازه و شکل پلات بر دقت و تعداد نمونه در مطالعه تراکم و تاج پوشش گیاهی (مطالعه موردی: منطقه فریدن اصفهان). *مرتع*، ۸(۱)، ۲۵-۳۶. **http://rangelandsrm.ir/article-218-1-fa.html**

۳. حبیبیان، سید محمد رضا، روستا، محمد جواد، و زرافشار، مهرداد. (۱۴۰۳). بررسی اثر پخش سیلاب بر شاخص‌های تنوع، غنا، تراکم و یکنواختی گونه‌ای بانک بذر خاک در ایستگاه آبخوانداری کوثر. *پژوهش‌های آبخیزداری*، ۳۷(۲)، ۲-۲۱. **doi:10.22092/wmrlj.2023.361934.1535** .

۴. خسروی مشیزی، اعظم، جهانتاب، اسفندیار، احمدپور، حامد، و شرافتمندراد، محسن. (۱۴۰۱). بررسی بازسازی پوشش گیاهی تحت تاثیر عملیات‌های اصلاحی در مراتع خشک (مطالعه موردی: بستک، استان هرمزگان). *مرتع*، ۱۶(۴)، ۷۷۹-۷۹۵. **http://rangelandsrm.ir/article-1-1146-fa.html**

۵. خصلتی، سید مهدی، چزگی، جواد، تاجبخش فخرآبادی، سید محمد، و دهقانی، مرتضی. (۱۴۰۲). مکان‌یابی مناطق مناسب پخش سیلاب با روش تصمیم‌گیری BWM (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد فرخی-خراسان جنوبی). *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۱(۴)، ۶۸-۸۵. **http://jircsa.ir/article-1-527-fa.html**

۶. رستم‌پور، مسلم، و افتخاری، علیرضا. (۱۴۰۱). تعیین حجم نمونه لازم برای مقایسه خصوصیات پوشش گیاهی و خاک در دو گروه مستقل با استفاده از اندازه اثر در مراتع استپی خراسان جنوبی. *مرتع*، ۱۶(۴)، ۷۱۲-۷۲۸. **dor: 20.1001.1.20080891.1401.16.4.5.3**.

۷. رستم‌پور، مسلم، و افتخاری، علیرضا. (۱۴۰۲) بررسی اثر تعداد و اندازه پلات بر شاخص‌های عددی تنوع زیستی مراتع. *مرتع و آبخیزداری*، ۷۶(۴)، ۳۵۱-۳۷۲. **doi: 10.22059/jrwm.2023.357691.1701**.

۸. رستم‌پور، مسلم، و ساغری، محمد. (۱۴۰۲). مقایسه روش‌های ترسیمی و آماری تعیین تعداد واحد نمونه‌برداری در مطالعات پوشش گیاهی اکوسیستم‌های بیابانی زیرکوه خراسان جنوبی. *مرتع*، ۱۷(۱)، ۹۷-۱۱۳. **dor: 20.1001.1.20080891.1402.17.1.7.6**.

۹. زارع چاهوکی، محمد علی. (۱۴۰۱). روش تحقیق در علوم محیطی. انتشارات: جهاد دانشگاهی تهران، ۲۸۸ صفحه.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

۱۰. زارع چاهوکی، محمدعلی، خجسته، فرزانه، یوسفی، مسعود، فرسودن، علی، و شفیع زاده نصرآبادی، مرجان. (۱۳۹۲). تعیین تعداد، سطح و شکل مناسب پلات برای نمونه برداری از پوشش گیاهی در مراتع طالقان میانی. *پژوهش های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)*، ۲۶(۲)، ۱۳۳-۱۳۹. https://sid.ir/paper/409077/fa

۱۱. زنگنه، زهرا، ناصری، کمالدین، ملتی، فریدون، مصداقی، منصور، و فخارایزدی، نفیسه. (۱۳۹۸). تأثیر شکل و اندازه پلات در تعیین الگوی پراکنش گونه *Astragalus verus* Olivier. *بوم‌شناسی کاربردی*، ۸(۳)، ۷۷-۸۹. **doi: 10.47176/ijae.8.3.7813**.

۱۲. سلیمان دهکردی، ندا، عسگری، حمیدرضا، متینی زاده، محمد، روستا، محمد جواد، بایرام کمکی، چوقی، و ممبنی، مریم. (۱۴۰۳). اثرات پخش سیلاب بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و زیستی در خاک عرصه‌های مرتعی (مطالعه موردی: ایستگاه کوثر استان فارس). مجله علمی *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۲(۲)، ۱۳۷-۱۵۲. **http://jircsa.ir/article-1-517-fa.html**.

۱۳. ضیاییان فیروزآبادی، پرویز، بدراق نژاد، ایوب، سارلی، رضا، و بابایی، محبوب. (۱۳۹۹). سنجش و شناسایی مناطق مستعد پخش سیلاب از منظر سازند های زمین شناسی در حوزه آبخیز بیرجند با استفاده از RS/GIS. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، ۲۰(۵۷)، ۱-۲۴. https://sid.ir/paper/407782/fa

۱۴. طهماسبی، پژمان، ابراهیمی، عطاالله، و یارعلی، نبی‌الله. (۱۳۹۱). تعیین مناسب‌ترین شکل و اندازه پلات برای برآورد چند متغیر مرتعی در مراتع نیمه استپی. *مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)*، ۶۵(۲)، ۲۰۳-۲۱۶. **https://sid.ir/paper/162547/fa**.

۱۵. فخارایزدی، نفیسه، ناصری، کمال‌الدین و مصداقی، منصور. (۱۳۹۳). اثرات تعداد، سطح و شکل پلات روی صحت و دقت برآورد تولید چند علفزار با استفاده از شبیه‌سازی نمونه‌گیری. *بوم‌شناسی کاربردی*، ۴(۱۴)، ۵۱-۶۰. **doi: 10.18869/acadpub.ijae.4.14.51**

۱۶. مصداقی، منصور. (۱۳۹۳) بوم‌شناسی گیاهی. انتشارات: جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۸۴ صفحه.

References

1. Acar, R., & Osman, I. M. (2022) Some Classical Methods of Vegetation Attributes Measurements in Rangelands. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36(4), 86–94.
2. Arzani, H., & Abedi, M. (2015). Rangeland Assessment: Vegetation Measurement, University of Tehran Press, 322 p. [In Persian]
3. Baraniyan, E., Bassiri, M., & Bashari, H. (2014). Effects of Plot Size and Shape on Sample Size in Vegetation Cover Measurements (Rangeland of Fereidan in Isfahan province). *Journal of Rangeland*, 8(1), 25-36. http://rangelandsrm.ir/article-1-218-fa.html [In Persian]
4. Brennan, E. B. (2023). Quadrat misuse: Confessions of a cover crop researcher's biomass sampling journey. *Agronomy Journal*, 115. 2275-2285. doi: 10.1002/agj2.21411
5. Burgess, B. J., Jackson, M. C., & Murrell, D. J. (2022). Are experiment sample sizes adequate to detect biologically important interactions between multiple stressors? *Ecologu and Evolution*, 12(9),e9289. doi: 10.1002/ece3.9289.
6. Fakhar Izadi, N., Naseri, K., & Mesdaghi, M. (2016). The Effects of Plot Size and Shape on Accuracy and Precision of Estimation of Production at Some Pastures by Sampling Simulation. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 4(14), 51-60. http://ijae.iut.ac.ir/article-1-723-fa.html [In Persian]
7. Habibian, S. M. R., Rousta, M. J., & Zarafshar, M. (2024). Effect of Flood Spreading on Indices Species Diversity, Richness, Density and Evenness of Soil Seed in the Aquifer Management Kowsar Station. *Watershed Management Research*, 37(2), 2-21. doi: 10.22092/wmrj.2023.361934.1535 [In Persian]
8. Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2020) PAST-Palaeontological Statistics, Version 4.03.
9. Hao, L., Qingdong, S., Imin, B., & Kasim, N. (2020). Methodology for optimizing quadrat size in sparse vegetation surveys: A desert case study from the Tarim Basin. *PLoS ONE*, 15(8): e0235469. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235469
10. Hill, D., Fasham, M., Tucker, G., Shewry, M., & Shaw, P. (2005). Determining appropriate quadrat size for vegetation sampling. Handbook of Biodiversity Methods: Survey, Evaluation and Monitoring (pp. 493–494). Appendices, Cambridge: Cambridge University Press.
11. Hoffmann, S., Steiner, L., Schweiger, A. H., Chiarucci, A., & Beierkuhnlein, C. (2019). Optimizing sampling effort and information content of biodiversity surveys: a case study of alpine grassland. *Ecological Informatics*, 51, 112–20. https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.03.003

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

12. James-Pirri, M. J., Roman, C. T. & Heltshe, J. F. (2007). Power analysis to determine sample size for monitoring vegetation change in salt marsh habitats. *Wetlands Ecology and Management*, 15, 335–345. https://doi.org/10.1007/s11273-007-9034-x
13. Kent, M. (2012). Vegetation Description and Data Analysis: A Practical Approach. 2nd Edition, John Wiley & Sons, Chichester.
14. Khaslati, S. M., Chezgi, J., Tajbakhsh Fakhrabadi, S. M., & Dehghani, M. (2023). Locating suitable flood-spreading areas with the best-worst decision-making method (Case study: Farrokhi Dam Watershed, South Khorasan Province). *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 11(4), 68-85. http://jircsa.ir/article-1-527-fa.html [In Persian]
15. Khosravi Mashizi, A., Jahantab, E., Ahmadpoor, H., Sherafatmand, M. (2023). Assessing vegetation rehabilitation under restoration operations in arid rangelands (Case study: Bastak, Hormozgan province). *Journal of Rangeland*, 16(4), 779-795. http://rangelandsrm.ir/article-1-1146-fa.html [In Persian]
16. Krebs, C. J. (2014). Ecological Methodology, 3rd edition. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc.
17. Mesdaghi, M. (2014). Plant ecology. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 184 p. [In Persian]
18. Metcalfe, D., Meir, P., O. C. Aragao, L. E., da Costa, A., Almeida, S., Braga, A., Goncalves, P., Athaydes, J., Malhi, Y., & Williams, M. (2008). Sample sizes for estimating key ecosystem characteristics in a tropical *terra firme* rainforest. *Forest Ecology and Management*, 255(3-4), 558-566.10.1016/j.foreco.2007.09.026
19. Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974) Aims and Methods of Vegetation Ecology. John Wiley and Sons, New York, 547 p.
20. Navarro-Rosales, F., Bell, M. B. V. (2022). Woody vegetation within semi-abandoned olive groves: species-area relationships and minimum area values. *Mediterranean Botany*, 43, e77457. https://doi.org/10.5209/mbot.77457
21. Phukan, M. M., & Boruah T. (2021). Determination of minimum quadrat size for the herbaceous vegetation: a case study of Durpang Reserve Forest, Arunachal Pradesh, India. *Natural Volatiles & Essentential Oils Journal*, 8(4), 8355-8359
22. R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/
23. Rostampour, M., & Eftekhari, A. R. (2023). Determining the sample size required to compare vegetation and soil characteristics in two independent groups using effect size. *Journal of Rangeland*, 16(4), 712-728. http://rangelandsrm.ir/article-1-1046-fa.html [In Persian]
24. Rostampour, M., & Eftekhari, A. R. (2024). Investigating the effect of the sample size and plot size on the numerical indices of rangeland biodiversity. *Journal of Range and Watershed Managment*, *76*(4), 351-372. doi: 10.22059/jrwm.2023.357691.1701 [In Persian]
25. Rostampour, M., & Saghari, M. (2023). Comparison of graphical and statistical methods in determining the number of sampling units in vegetation studies of desert ecosystems of South Khorasan. *Journal of Rangeland*, 17(1), 97-113. http://rangelandsrm.ir/article-1-1131-fa.html [In Persian]
26. Soleiman dehkordi, N., Asgari, H., Matinizadeh, M., Rousta, M., Komaki, C. B., & Mombeni, M. (2024). The effects of flood spreading on soil physicochemical and biological characteristic (Case study: Kowsar station, Fars province). *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 12(2), 137-152. http://jircsa.ir/article-1-517-fa.html [In Persian]
27. Tahmasebi, P., Ebrahimi, A. A., & Yarali, N. A. (2012). The most appropriate quadrate size and shape for determining some characteristics of a semi-steppic rangeland. *Journal of Range and Watershed Management (Iranian Journal of Natural Resources)*, 65(2), 203-216. Sid. Https://Sid.Ir/Paper/162547/En [In Persian]
28. Tiner, R. W. (2016). Wetland Indicators: A Guide to Wetland Formation, Identification, Delineation, Classification, and Mapping, Second Edition (2nd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315374710
29. Wiegert, R. G. (1962). Selection of an optimum quadrat size for sampling standing crop of grasses and forbs. *Ecology*, 43, 125–129. https://doi.org/10.2307/1932047
30. Wimalasena, S. c. D., Wijekoon, P., Fernando, S., & Gunatilleke, N. (2015). Application of clustering and ordination methods to determine the optimal plot size for vegetation sampling of a Sri Lankan Dipterocarp forest. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 43(1), 91-98. 10.4038/jnsfsr.v43i1.7919
31. Yang, H., & Guo, Q. (2024). Minimum area of primitive broad-leaved Korean pine forest community based on biomass. *Journal of Forestry Research*, 35(127), 1-11. https://doi.org/10.1007/s11676-024-01758-y

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]

32. Zangane, Z., Naseri, K., Melati, F., Mesdaghi, M., & FakharIzadi, N. (2019).The Effects of Plot Shape and Size on Determining the Distribution Pattern of *Astragalus verus* Olivier. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8(3), 77-89. http://ijae.iut.ac.ir/article-1-942-fa.html [In Persian]
33. Zare Chahouki, M. A. (2022). Research methods in environmental sciences.Publications: Jahade Daneshgahi Publications of Tehran, 288 pages. [In Persian]
34. Zare Chahouki, M. A., Khojasteh, F., Yousefi, M., Fasodan, A., & Shafizadeh Nasrabadi, M. (2013). Evaluation of different plot shape, size, and number for sampling In Middle Taleghan Rangelands. *Watershed Management Researches (Pajouhesh-Va-Sazandegi)*, 26(2), 127-138. https://Sid.Ir/Paper/409077/En [In Persian]
35. Zhang, Wei-hua & Chen, Ch., Huang, D., Arshad, M. N., & Wang, Li-xue. (2023). Relationship of Plant Species Diversity and Sampling Area under Different Grazing Intensities in the Steppe of Northern China. *Rangeland Ecology & Management*, 87, 150-157. 10.1016/j.rama.2023.01.004.
36. Zhao, J., Chen, J., Chen, Ch., Lu, Sh., & Song, Ch., Liu, Sh., Li, J., & Zhuang, Ch. (2023). Is it sufficient? Assessment of two sampling methods for urban plant species richness investigations. *Urban Forestry & Urban Greening*, 79. 127824. 10.1016/j.ufug.2022.127824.
37. Ziaiian Firouz Abadi, P., Badragh Nejad, A., Sarli, R., & Babaie, M. (2020). Measurement and identification of areas susceptible to flood spreading from the viewpoint of geological formations in Birjand watershed using RS / GIS. *Applied Researches in Geographical Sciences*, 20(7), 1-24. http://jgs.khu.ac.ir/article-1-2733-fa.html [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.2.2]