Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Quantitative Analysis of Structural Characteristics of Astragalus microcephalus Willd in Different Years After Fire in Semi-Steppe Rangelands of Khalkhal

Ardeshir Pournemati*[1], Adel Sepehry[2], Hossein Barani[3], Kiomars Sefidi[4]

1. Corresponding author; PhD. Candidate in Range Management, Department of Rangeland, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: a.pournemati@gmail.com
2. Prof. Management, Department of Rangeland, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.
3. Associate Prof., Management, Department of Rangeland, Faculty of Rangeland and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran.
4. Prof., Department of Forest Sciences, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2024; Vol 17, Issue 4

Article history:
Received: 03.08.2023
Revised: 04.02.2024
Accepted: 17.02.2024

Keywords:
Distance indices, Distribution pattern, Species mixture, spatial structure, Ecological disturbance, R Software.

Abstract

Background and objectives: Rangeland plants undergo continuous changes due to various disturbances, with fire being a significant environmental factor impacting plant communities. In many rangelands, the frequency and extent of fires are increasing, altering the composition and structure of vegetation communities in fire-prone environments. However, limited studies have focused on the effects of fire on the quantitative analysis of shrub plant stands in rangelands, hindering our understanding of fire's impact on structural changes in these plants. This study aimed to analyze the quantitative structural changes of Astragalus microcephalus Willd. over an 8-year period following a fire.

Methodology: One control area and eight fire-affected areas, each covering one hectare and sharing similar environmental conditions and plant communities, were selected. Vegetation sampling was conducted along six 30-meter transects, with 24 points spaced 5 meters apart selected using a systematic-random method. Structural characteristics of the stands were measured by completely harvesting all shrub plant bases using the distance method. Spatial distribution patterns were investigated using Johnson and Zimer's indices, C index, Hopkins, Eberhart, uniform angle, Clark and Evans indices, Mingling index for species admixture, and Berger-Parker index for crown differentiation.

Results: The results revealed a clustered distribution pattern in both the control area and the fire-affected area, as indicated by the Clark-Evans indices and uniformity angle. The C index and Hopkins distribution pattern indicated uniformity, which remained consistent between the control and fire-affected areas, suggesting no alteration in distribution pattern due to fire. The Johnson and Zimer's Index showed varying values for the control and fire-affected areas across different years. The Mingling index indicated weaker mixing in the fire-affected area compared to the

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

control area. The Berger-Parker index indicated increased dominance of Astragalus microcephalus after the fire. Crown differentiation analysis revealed a greater difference in crown size between the control and fire-affected areas in the early years following the fire. One-way analysis of variance showed significant differences between different years after the fire in terms of Clark-Evans, Johnson and Zimer's, and Berger-Parker indices at a confidence level of one percent ($p<0.01$).

Conclusion: The clustered distribution pattern of Astragalus microcephalus Willd. in Khalkhal rangelands remains unchanged after 8 years following a fire, likely due to factors such as post-fire regrowth from the collar surface, seed distribution type, and reproductive strategy. Fire has led to increased dominance of Astragalus microcephalus and reduced vegetation composition. Understanding changes in structural characteristics of shrub species is crucial for assessing disturbance impacts, studying spatial distribution patterns, species dominance, and dimension differences following disturbances in mountain pastures, and planning for habitat management and restoration.

Cite this article: Pournemati, A., A. Sepehry, H. Barani, K. Sefidi, 2024. Quantitative Analysis of Structural Characteristics of Astragalus microcephalus Willd in Different Years After Fire in Semi-Steppe Rangelands of Khalkhal. Journal of Rangeland, 17(4): 602-621.

© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

تحلیل کمی مشخصه‌های ساختاری *Astragalus microcephalus* willd. در سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی در مراتع نیمه‌استپی خلخال

اردشیر پورنعمتی*[۱]، عادل سپهری[۲]، حسین بارانی[۳]، کیومرث سفیدی[۴]

۱. نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری علوم مرتع، گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
رایانامه: a.pournemati@gmail.com

۲. استاد گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۳. دانشیار گروه مدیریت مرتع، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

۴. استاد گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۲؛ جلد ۱۷، شماره ۴

تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۰۵/۱۲
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۲۸

واژه‌های کلیدی:
شاخص‌های فاصله‌ای،
الگوی پراکنش،
آمیختگی،
ساختار مکانی،
آشفتگی اکولوژیکی،
نرم‌افزار R.

چکیده

سابقه و هدف: گیاهان مرتعی به‌طور دائم بر اثر آشفتگی‌های متعدد در حال تغییر هستند. آتش‌سوزی یکی از آشفتگی‌های محیطی است که طیف وسیعی از جوامع گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در بسیاری از مراتع آتش‌سوزی‌ها در حال افزایش از لحاظ فراوانی و وسعت اثرگذاری هستند، بنابراین می‌توانند ترکیب و ساختار جامعه پوشش گیاهی را در محیط‌های مستعد به آتش‌سوزی تغییر دهند. مطالعات کمی روی اثرات آتش‌سوزی در تحلیل کمی ساختار توده‌های گیاهان بوته‌ای در مراتع متمرکز شده است، که درک ما را از تأثیرات آتش بر تغییر ساختار این گیاهان محدود می‌کند. این مطالعه با هدف تحلیل روند تغییرات کمی ساختار گونه *Astragalus microcephalus* willd. در طی ۸ سال پس از آتش‌سوزی انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه یک منطقه معرف شاهد و ۸ منطقه معرف آتش‌سوزی به مساحت یک هکتار با شرایط محیطی و جامعه گیاهی یکسان انتخاب شدند. جهت نمونه‌برداری از پوشش گیاهی در طول ۶ ترانسکت ۳۰ متری به روش تصادفی- سیستماتیک تعداد ۲۴ نقطه با فاصله ۵ متر از یکدیگر انتخاب و مشخصه‌های ساختاری توده‌ها براساس برداشت کامل همهٔ پایه‌های گیاهان بوته‌ای با استفاده از روش فاصله‌ای اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی الگوی پراکنش مکانی از شاخص‌های جانسون و زیمر، شاخص C، هاپکینز، ابرهارت، زاویه یکنواخت و کلارک و ایوانز، برای آمیختگی گونه‌ای از شاخص مینگ‌لینگ و غلبه گونه‌ای از شاخص برگر- پارکر، برای اندازه‌گیری اختلاف ابعاد از شاخص تمایز تاجی استفاده شد.

نتایج: نتایج حاصل از شاخص‌های کلارک ایوانز و زاویه یکنواختی نشان‌دهندهٔ الگوی پراکنش کپه‌ای در توده معرف شاهد و توده‌های معرف آتش‌سوزی بود. شاخص C و هاپکینز الگوی پراکنش یکنواخت بوده و بین توده معرف شاهد و توده‌های معرف آتش‌سوزی الگوی پراکنش یکسان است، که این موید آن است که الگوی پراکنش این گیاه در اثر آتش‌سوزی تغییر پیدا نمی‌کند. شاخص جانسون زایمر، برای توده معرف شاهد و توده‌های

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

معرف آتش‌سوزی الگوی پراکنش کپه‌ای و یکنواخت محاسبه شد که در سال‌های مختلف مقدار عددی این شاخص متفاوت هستند. نتایج شاخص مینگ‌لینک نشان داد، توده‌های معرف آتش‌سوزی از آمیختگی ضعیف‌تری نسبت به توده شاهد برخودار هستند. بر اساس شاخص برگر- پارکر، گونه مرجع بعد از آتش‌سوزی غلبهٔ بیشتری نسبت به توده شاهد در ترکیب پوشش گیاهی دارد. نتایج حاصل از تمایز تاج بیانگر آن است که در سال صفر (شاهد) مقدار عددی شاخص عدد بزرگتری را داشته باشد و در سال‌های ابتدایی آتش‌سوزی اختلاف اندازه تاج با منطقه شاهد با هم بیشتر است. مقایسه مقادیر عددی شاخص‌های کمی ساختار در توده‌های معرف شاهد و توده‌های معرف آتش‌سوزی با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه انجام شد. نتایج نشان داد که بین سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی از لحاظ شاخص‌های کلارک اوانز، جانسون زایمر و برگر- پارکر در سطح اطمینان یک درصد ($P<0.01$) اختلاف معنی‌داری وجود دارد.

نتیجه‌گیری: به‌دلیل شرایط ادافیکی، مورفولوژیکی و محیطی، الگوی پراکنش مکانی گیاه *Astragalus microcephalus* در مراتع خلخال به‌صورت کپه‌ای است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که آتش‌سوزی در طی ۸ سال باعث تغییر الگوی پراکنش این گیاه نشده است. رویش مجدد این گونه از سطح یقه بعد از آتش‌سوزی، نوع پراکنش بذرها و نوع زادآوری از عوامل موثر برثابت ماندن الگوی پراکنش بعد از آتش‌سوزی است. آتش‌سوزی باعث افزایش غالبیت گیاه *Astragalus microcephalus* و کاهش آمیختگی ترکیب پوشش گیاهی شده است. مطالعه تغییرات مشخصه‌های ساختاری گونه‌های بوته‌ای می‌تواند در تعیین راهنما برای اندازه‌گیری تأثیر آشفتگی، مطالعه چگونگی توسعه و تحول الگوی پراکنش مکانی، آمیختگی، غلبه گونه‌ای و اختلاف ابعاد بعد از آشفتگی در مراتع کوهستانی و همچنین برنامه‌ریزی برای مدیریت و احیاء رویشگاه‌های مشابه مناسب باشد.

استناد: پورنعمتی، ا.، ع. سپهری، ح. بارانی، ک. سفیدی، ۱۴۰۲. تحلیل کمی مشخصه‌های ساختاری *Astragalus microcephalus* willd. در سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی در مراتع نیمه‌استپی خلخال. مرتع، ۱۷(۴): ۶۰۱-۶۲۱.

DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

مقدمه

گیاهان مرتعی همیشه در معرض آشفتگی‌های محیطی و تخریب قرار دارند. آتش‌سوزی یک آشفتگی محیطی است که طیف وسیعی از جوامع گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۶). آتش‌سوزی به‌عنوان ابزار مدیریتی اصلاح‌کننده ساختار، تنوع پوشش گیاهی، عملکرد و پویایی مراتع شناخته می‌شود (۱، ۳، ۹، ۳۸ و ۵۵). در بسیاری از مراتع، آتش‌سوزی‌ها به لحاظ فراوانی و شدت اثرگذاری در حال افزایش هستند. آتش‌سوزی در هر دو شرایط کنترل شده یا کنترل نشده بر حضور و عدم حضور گیاهان اثر داشته و باعث تغییر الگوی توالی در بوم‌سازگان‌های طبیعی می‌شود (۳، ۲۲، ۲۳، ۲۵ و ۵۰). تغییرات ساختار پوشش گیاهی می‌تواند در بوم‌سازگان‌ها تأثیرات منفی یا مثبتی بوجود آورد که از دیدگاه مدیریت منابع طبیعی حائز اهمیت است.

چندین فرم رویشی گیاهی برای رشد و تکثیر در محیط‌های کوهستانی سازگار شده‌اند. گیاهان بوته‌ای با فرم رویشی بالشتکی از سازگارترین و مشهورترین گیاهان موجود در زیستگاه‌های کوهستانی هستند (۶ و ۷). آتش‌سوزی با کاهش گیاهان چوبی و بوته‌ای زمینه مساعدی را برای رشد و گسترش گندمیان فراهم می‌کند. از طرفی گونه‌های بوته‌ای طیف وسیعی از ویژگی‌ها را نشان می‌دهند که مقاومت و انعطاف‌پذیری در برابر آشفتگی را افزایش می‌دهد و نتایج متفاوتی پس از آشفتگی ایجاد می‌کند (۳۵). از این رو نیاز به ابزاری است که بتوان از طریق آن تغییرات ساختار و ترکیب پوشش گیاهی بعد از آتش‌سوزی را در طی زمان تعیین کرد. تعیین الگوهای پراکنش مکانی یک ابزار مناسب در این ارتباط هستند (۴۱) که می‌توانند اطلاعات مفیدی را در مورد تأثیر آشفتگی‌ها در بوم‌سازگان‌های طبیعی در اختیار قرار دهد.

ساختار مکانی جمعیت‌ها و جوامع گیاهی و محدود شدن پراکندگی آنها تحت تأثیر عوامل مرگ و میر، رقابت، آشفتگی‌ها و عوامل غیرزنده است. از آنجایی که الگوهای پراکنش مکانی، فرایندهای بوم‌شناختی اساسی را منعکس می‌کنند، تجزیه و تحلیل آماری این الگوها به‌طور فزاینده‌ای در بین بوم‌شناسان گیاهی رواج یافته است (۵ و ۱۰). الگوی پراکنش مکانی کنترل مهمی بر فرایندهای بوم‌شناختی در همه مقیاس‌ها اعمال می‌کند و به‌عنوان یک ویژگی ساختاری مهم بوم‌سازگان‌ها در نظر گرفته می‌شود (۸، ۲۸ و ۳۰). به دلیل چنین ارتباطی کمی کردن این الگوها در تحلیل ساختار، وقایع و فرآیندهای بوم‌سازگان ضروری است. کمی‌سازی شامل اندازه‌گیری‌های اساسی و محاسبه شاخص‌هایی است که ویژگی‌های ساختاری خاصی مانند تراکم، تداخل یا تجمع بین گونه‌ها (۱۱ و ۵۷)، پراکنش، چیرگی و غالبیت گونه‌ای را نشان می‌دهند. این شاخص‌ها را می‌توان برای اندازه‌گیری تغییرات و تفاوت ساختار در طول زمان و مکان و مشخص کردن نحوه تأثیر مدیریت در تغییر ساختار استفاده کرد (۴۲). ساختار توده‌ها را می‌توان با استفاده از شاخص‌های ریاضی کارا و موثر ارزیابی کرد (۳۹) روش قاب (کودرات) و روش فاصله‌ای از جمله روش‌های تجزیه و تحلیل کمی ساختار جوامع گیاهی هستند (۴ و ۲۹)؛ اما، استفاده از روش‌های فاصله‌ای برای تحلیل الگوی مکانی به‌دلیل اریب کمتر، کارآمد و سریع بودن آن همواره مورد تاکید بوده است (۴ و ۳۴).

مطالعات کمی روی اثرات آتش‌سوزی در تحلیل کمی ساختار توده‌های گیاهان بوته‌ای در مراتع متمرکز شده است، که درک ما را از تأثیرات آتش بر تغییر ساختار این گیاهان محدود می‌کند؛ بنابراین مطالعه ساختار و پایش تغییرات آن در طی زمان در مواجهه با آشفتگی بسیار مهم است (۳۳ و ۴۴). جهت مدیریت بهتر مراتع، علاوه بر مطالعه روابط بین گونه‌های گیاهی، ضرورت دارد تغییرات این روابط تحت تأثیر آشفتگی‌ها بررسی شود. با توجه به اهمیت این جوامع و به‌منظور اعمال مدیریت حفاظتی صحیح برای جلوگیری تخریب و کمک به احیای آنها لازم است که مطالعات جامعی در ارتباط با ساختارهای مکانی در این جوامع انجام شود. هدف از این پژوهش، تحلیل روند تغییرات کمی ساختار گونه *Astragalus microcephalus* willd. در طی ۸ سال بعد از وقوع آتش‌سوزی در مقیاس محلی است.

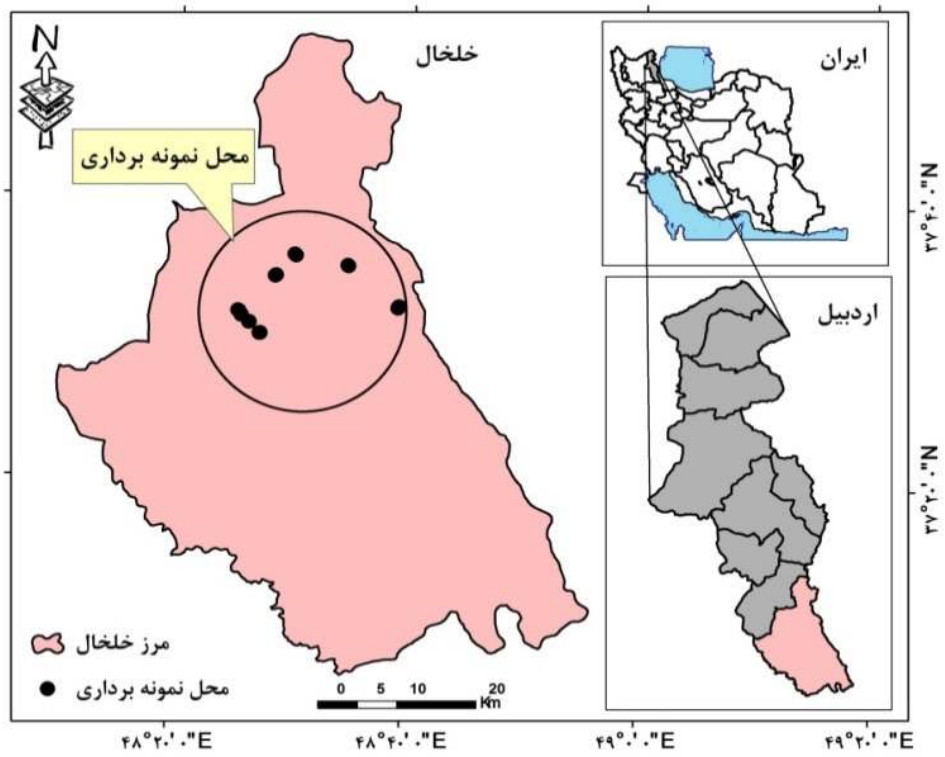
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد بررسی

مراتع نیمه استپی خلخال یکی از مراتع کوهستانی ایران، در جنوب استان اردبیل در مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی در محدود ارتفاعی ۱۹۰۰ تا ۳۰۰۰ متر واقع شده است (شکل ۱). اقلیم منطقه به‌روش آمبرژه نیمه‌خشک سرد است. با توجه به شرایط پستی و بلندی منطقه کوهستانی (حدود ۹۵ درصد)، عمق و نوع خاک متغیر است (۱۶). زیر بنای معیشتی منطقه به‌طور عمده بر پایه شبانی استوار بوده و استفاده از اراضی به‌عنوان چراگاه در این منطقه مرسوم است. دام منطقه را به ترتیب گوسفند حدود ۷۵ درصد، ۲۰ درصد بز و نیز حدود ۵ درصد گاو تشکیل می‌دهند. پوشش گیاهی غالب منطقه گونه‌های مختلف گون، اسپرس خاردار و گندمیان چندساله هستند (۱۷ و ۴۳).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در سطح کشور، استان اردبیل و موقعیت مکان‌های نمونه‌برداری

گونه مورد مطالعه

گونه *Astragalus microcephalus* willd یا گون پشته‌ای گیاهی چندساله، از تیره Fabaceae، بوته‌ای یا نیمه درختچه‌ای، بالشتکی، با انشعابات باز، به ارتفاع تا ۷۰ سانتی‌متر و قطر پوشش تاجی تا ۱۵۰ سانتی‌متر می‌رسد (شکل ۲)، گلبرگ‌های کم و بیش هم اندازه، زرد، سفید شیری یا مایل به سفید رنگ، برگ‌ها به‌طول ۱- ۵/۵ سانتی‌متر، پوشیده از کرک‌های سفید متراکم به انبوهی کرک نمدی، گوشواره‌ها کاغذی، به‌طول ۴ تا ۱۳ میلی‌متر و براساس گروه‌بندی رانکایر جزء کاموفیت‌ها محسوب می‌شود (۳۷). با توجه به گستردگی تاج پوشش و سیستم ریشه‌ای عامل مهمی در ممعانت از فرسایش خاک رویشگاه خود محسوب می‌شود. این گونه، بیشتر در مناطق نیمه‌استپی و استپی در شرایط جوی نیمه‌خشک و خشک

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

کوهستانی مشاهده می‌شود. در مطالعه پراکنش جغرافیایی گون در ایران، گزارش شده است که گونه *Astragalus microcephalus* willd براساس تعداد مشاهدات گونه‌های جنس گون در کشور رتبه سوم و از لحاظ مساحت تحت اشغال رتبه دهم را به خود اختصاص داده است (۳۲). این گونه در سطح وسیعی از مراتع استان اردبیل، به‌خصوص در مراتع شهرستان کوثر و خلخال به‌عنوان گونه اصلی و غالب رویش دارد (۱۳ و ۴۳) (شکل ۲).



شکل ۲: نمایی از گونه *Astragalus microcephalus* willd در مراتع خلخال

در مراتع نیمه‌استپی خلخال، آتش‌سوزی در ماه‌های خرداد تا شهریور و به‌صورت توده‌ای و لکه‌ای روی داده است و در مجموع حدود ۲۵۸ هکتار دچار حریق شده بود. با پیمایش صحرایی و با استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه توپوگرافی و دستگاه GPS محل‌های آتش‌سوزی شناسایی و محدوده آنها بر روی نقشه توپوگرافی مشخص شد. در انتخاب توده‌های معرف آتش‌سوزی و شاهد اصل بر این بود که کلیه شرایط محیطی (توپوگرافی و زمین‌شناسی)، تأثیرات انسانی و جامعه گیاهی، تا حد ممکن مشابه بوده و تنها عامل متمایز کننده و اثرگذار رخداد آتش‌سوزی باشد. در نهایت ۸ توده معرف قطعه یک هکتاری که در سال‌های مختلف دچار آتش‌سوزی شده بودند، برای نمونه‌برداری انتخاب و همچنین به‌صورت متناظر در فاصله حداکثر ۲۰۰ متر با رعایت حفظ همگنی فیزیوگرافی رویشگاه و به حداقل رساندن تأثیر گرادیان‌های محیطی، منطقه شاهد (بدون آتش‌سوزی) تعیین شد. بر این اساس در قطعات یک هکتاری که به ترتیب صفر (شاهد)، یک، دو، سه، چهار، پنج، شش، هفت و هشت سال پیش دچار حریق شده‌اند انتخاب و در هر کدام شش گروه ساختاری برای تحلیل کمی اندازه‌گیری شدند. هر گروه ساختاری شامل یک گیاه مرجع و چهار همسایه آن است (۴۷). برداشت میدانی در اواخر اردیبهشت تا نیمه خرداد ماه مطابق با رشد حداکثری فنولوژیکی (در مرحله گلدهی کامل) با پیمایش صحرایی فلور منطقه شناسایی شد. اجتماعات و تیپ‌های گیاهی به روش فیزیونومیک- فلورستیک مشخص شد.

در داخل توده معرف، برای آنالیز ساختار گونه *Astragalus microcephalus* ابتدا محل استقرار ترانسکت‌ها به‌صورت تصادفی تعیین شده و در طول ۶ ترانسکت ۳۰ متری تعداد ۲۴ نقطه با فاصله ۵ متری از یکدیگر انتخاب شدند. با استفاده از روش اندازه‌گیری‌های فاصله‌ای و بدون پلات مشخصات پوشش گیاهی ثبت شد. بعد از انتخاب نقطه‌ها، فاصله نقطه تا نزدیکترین گیاه *Astragalus microcephalus* به‌عنوان شاهد انتخاب و چهار پایه از نزدیکترین گیاهان به‌عنوان همسایه انتخاب شدند. لازم به ذکر است که در این مطالعه برای انتخاب گیاهان همسایه و ارزیابی شاخص‌ها در سال‌های مختلف فقط به اطلاعات حاصل از گونه‌های بوته‌ای تکیه شده و سایر گونه‌های گیاهی مد نظر قرار نگرفت.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

بر این اساس برای کمی‌سازی ساختار توده‌های گونه *Astragalus microcephalus* در طی ۸ سال بر اثر وقوع آتش‌سوزی با استفاده از مجموعه‌ای از شاخص‌ها، چهار جنبه تغییرات الگوی پراکنش مکانی، آمیختگی گونه‌ای، غلبه گونه‌ای و اختلاف ابعاد (اندازه تاج) گیاهان بررسی شد. به‌منظور بررسی تغییرات الگوی پراکنش مکانی از شاخص‌های جانسون و زایمر، شاخص c، هاپکینز، ابرهارت، زاویه یکنواخت و کلارک ایوانز، برای بررسی آمیختگی گونه‌ای از شاخص مینگ‌لینگ، غلبه گونه‌ای از شاخص برگر-پارکر و اختلاف اندازه تاج گیاهان از شاخص تمایز تاج بهره گرفته شد. (جدول ۱). مشخصه‌های سه اصله از نزدیک‌ترین همسایه‌های گیاه مرجع انتخاب و اندازه تاج، فاصله و زاویه بین پایه‌های برای گیاه مرجع و گیاهان بوته‌ای همسایه در هر قطعه نمونه اندازه‌گیری شد. همه محاسبات در نرم‌افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۳) انجام گرفت.

روش تجزیه و تحلیل آماری

روش‌های فاصله‌ای تعیین الگوی پراکنش مکانی

شاخص جانسون و زیمر: (**Johnson and Zimer's Index**) در این روش فاصله هر یک از نقاط تصادفی تا نزدیک‌ترین گیاه اندازه‌گیری می‌شود و شاخص با استفاده از فرمول I محاسبه می‌شود.

رابطه (۱)

$$I = (N+1)\frac{\sum_{i=1}^{N}(d_i^2)^2}{\left[\sum_{i=1}^{N}(d_i^2)\right]^2}$$

در این شاخص d: فاصله نقطه تصادفی تا نزدیکترین گیاه، n: تعداد نقاط تصادفی.

در حالت تصادفی I=2. در حالت کپه‌ای I>2 (I به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ بزرگتر از ۲ می‌باشد).

در حالت یکنواخت I<2 (I به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵٪ کوچکتر از ۲ می‌باشد). برای تست معنی‌دار بودن آن از حالت تصادفی از مقدار Z استفاده می‌شود.

رابطه (۲)

$$Z = \frac{I-2}{\sqrt{4(N-1)/(N+2)(N+3)}}$$

N: تعداد نقاط تصادفی می‌باشد. به طوری که Z به دست آمده با مقدار Z جداول مقایسه شده در صورتی که Z جدول بزرگتر از Z محاسبه شده باشد اختلاف از حالت تصادفی معنی‌دار نمی‌باشد.

شاخص C: این شاخص بر اساس استفاده از فواصل اندازه گیری شده در روش مربع تی پیشنهاد شده و مطابق رابطه (۳) محاسبه می‌شود.

رابطه (۳):

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[X_i^2/\left(X_i^2+\frac{1}{2}y_i^2\right)\right]}{N}$$

که C: شاخص پراکندگی؛ N: تعدادنقاط تصادفی؛ Xi: فاصله نقطه تصادفی تا فرد؛ yi: فاصله فرد تا نزدیک‌ترین همسایه است.

برای آزمون معنی‌دار بودن C و تحلیل فرضی تصادفی بودن الگو از رابطه (۴) استفاده می‌شود.

رابطه (۴):

$$Z=\frac{C-0/5}{\sqrt{\frac{1}{(12N)}}}$$

شاخص هاپکینز: مقدار شاخص هاپکینز برای الگوی پراکنش تصادفی برابر با ۰/۵، الگوی یکنواخت ۰/۵-۰ و الگوی کپه‌ای ۱-۰/۵ است (رابطه ۵).

رابطه (۵):

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i^2)}{\sum_{i=1}^{N}(X_i^2)+\sum_{i=1}^{N}(r_i^2)}$$

H: شاخص هاپکینز، Xi فاصله از نقاط تصادفی تا نزدیکترین فرد، ri فاصله بین همسایه‌ها.

شاخص h بنابر رابطه ۶ به‌منظور آزمون شاخص هاپکینز محاسبه می‌شود و در صورتی که مقدار آن بین دو حد $F_{0.05}$ و $F_{0.95}$ باشد توده دارای پراکنش تصادفی است در صورتی که کمتر از $F_{0.95}$ باشد، پراکنش یکنواخت یا پراکنده و بیشتر از مقدار $F_{0.05}$ باشد پراکنش کپه‌ای خواهد بود.

رابطه (۶):

$$h = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i^2)}{\sum_{i=1}^{N}(Xr_i^2)}$$

شاخص ابرهارت (Eberhart): در این شاخص (رابطه ۷)، از فاصله نقاط تا نزدیک‌ترین گیاه اندازه‌گیری شد و در تعیین الگوهای مکانی یکنواخت دارای توانایی قابل توجه‌ای

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

است. مقدار این شاخص با استفاده از رابطه (۷) محاسبه می‌شود:

رابطه (۷):

$$I_e = \left(\frac{S}{\bar{X}}\right)^2 + 1$$

Ie: شاخص ابرهارت، S: انحراف معیار فواصل، X: میانگین فواصل اندازه‌گیری شده است. بنابراین در جوامع تصادفی Ie، در جوامع یکنواخت کمتر از ۱/۲۷ و در حالت کپه‌ای بیش از ۱/۲۷ است.

شاخص زاویه یکنواخت (Uniform Angle Index): به بررسی درجه منظم بودن موقعیت مکانی گیاهان در گروه‌های ساختاری می‌پردازد (۵۴). که این شاخص براساس روش محاسباتی تعیین شد (جدول ۱). در این روش، با مقایسه زاویه بین گیاهان همسایه (a_j) نسبت به زاویه استاندارد (a_0) به بررسی چیدمان گیاهان همسایه در اطراف گیاه مرجع پرداخته می‌شود. مقدار زاویه استاندارد با توجه به تعداد گیاه همسایه و براساس رابطه ۸ محاسبه شد. مقدار میانگین شاخص زاویه یکنواخت در توده‌های با پراکنش گونه‌ای یکنواخت (منظم) بین صفر تا ۰/۵، در توده‌های با پراکنش گونه‌ای تصادفی بین ۰/۵ تا ۰/۶ و در توده‌های با پراکنش گونه‌ای کپه‌ای (خوشه‌ای) بین ۰/۶ تا ۱ است (۵۳).

رابطه (۸):

$$a_o = \frac{360}{\text{Number of neighbour}+1}$$

شاخص کلارک و ایوانز (Clark Evans): نحوه توزیع افقی جمعیت‌های تحت مطالعه را براساس فاصله بین نزدیکترین همسایه‌های گیاه مرجع در هر توده بررسی می‌کند. این شاخص براساس میانگین فاصله بین گیاهان در توده مورد نظر به میانگین فاصله مورد انتظار بین آنها در صورت توزیع تصادفی (توزیع آماری پوآسون) است (۱۵). در این شاخص، میانگین فاصله بین گیاه مرجع و نزدیکترین گیاهان همسایه آن با میانگین مورد انتظار در صورتی که الگوی گیاهان به‌طور تصادفی پراکنده شده باشند، مقایسه می‌شود. ارزش‌های CE>1 نشان دهندهٔ الگوی یکنواخت، ارزش‌های CE<1 نشان دهندهٔ الگوی کپه‌ای و ارزش‌های CE=1 نشان دهندهٔ الگوی تصادفی هستند (۱۵).

شاخص مینگ‌لینگ (Mingling): درجهٔ آمیختگی گونه‌های گیاهی را توصیف می‌کند و به‌صورت کسری از n امین نزدیک‌ترین همسایه که دارای گونه‌های متفاوتی از گونه مرجع هستند، بیان می‌شود (۴۰). این شاخص دارای ارزشی بین صفر تا ۱ است، مقادیر زیاد این شاخص نشان دهندهٔ آمیختگی زیاد و مقادیر کم این شاخص نشان دهندهٔ آمیختگی کم توده است (۴۵). از آنجا که در این پژوهش چهار همسایه در پیرامون هر گیاه مرجع بررسی شده است، مقادیر صفر این شاخص نشان می‌دهد که همهٔ همسایه‌ها مشابه گیاه مرجع هستند. مقادیر ۰/۲۵، ۰/۵۰ و ۰/۷۵ نشان می‌دهد که به ترتیب یک، دو و سه همسایه متفاوت با گیاه مرجع هستند و مقدار ۱ بیانگر این است که هیچ کدام از همسایه‌ها مشابه گونهٔ مرجع نیستند (۴۰).

اختلاف ابعاد: به‌منظور بررسی همگنی یا ناهمگنی گیاه مرجع با گیاهان بوته‌ای همسایه از ابعاد تاج بهره گرفته شد، که نشان دهنده میزان اختلاف ابعاد تاج گیاه مرجع با گیاهان بوته‌ای همسایه است.

غلبه گونه‌ای: غلبه گونه‌ها وضعیت چیرگی را نشان می‌دهد. در این تحقیق از برگر- پارکر (Berger- Parker) استفاده شد (۳۱). میزان این شاخص صفر تا یک متغیر است و بالاتر بودن این شاخص نشانگر بالا بودن میزان غالبیت است.

مقایسه مقادیر عددی هر یک از شاخص مرتبط با مشخصه‌های ساختاری در توده معرف شاهد و توده‌های معرف سال‌های مختلف پس از وقوع آتش‌سوزی با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه انجام شد. پیش از آن نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و برابری واریانس با آزمون لون انجام شد و در صورت نیاز، نرمال‌سازی داده‌ها از طریق تصحیح لگاریتمی انجام شد. کلیه آزمون‌های آماری در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ و در محیط نرم افزاری R نسخه ۳.۵.۳ انجام شد. از چندین شاخص مختلف آنالیز کمی ساختار، برای بدست آوردن روند تغییرات ساختار گونه *Astragalus microcephalus* willd. توده‌های معرف پس از آتش‌سوزی شده استفاده شد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

جدول ۱: تشریح شاخص‌های استفاده شده به‌منظور کمی‌سازی ویژگی‌های ساختاری

ویژگی	نام شاخص	رابطه	اجزای رابطه
	شاخص جانسون و زیمر	$I = (N+1)\frac{\sum_{i=1}^{N}(d_i^2)^2}{[\sum_{i=1}^{N}(d_i^2)]^2}$	در این شاخص d: فاصله نقطه تصادفی تا نزدیکترین گیاه، n: تعداد نقاط تصادفی.
	شاخص C	$C = \frac{\sum_{i=1}^{N}\left[X_i^2/\left(X_i^2+\frac{1}{2}y_i^2\right)\right]}{N}$	C: شاخص الگوی پراکنش مکانی Xi: فاصله نقطه تصادفی تا فرد، Y: فاصله فرد تا نزدیک‌ترین همسایه.
	شاخص هاپکینز	$H = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i^2)}{\sum_{I=1}^{N}(X_i^2)+\sum_{i=1}^{N}(r_i^2)}$	H شاخص هاپکینز، Xi فاصله از نقاط تصادفی تا نزدیکترین فرد، ri فاصله بین همسایه‌ها.
	شاخص ابرهارت	$I_e = \left(\frac{S}{\bar{X}}\right)^2 + 1$	که در آن S: انحراف معیار فواصل، X: میانگین فواصل اندازه‌گیری شده است.
الگوی پراکنش مکانی	کلارک و ایوانز	$CE = \frac{r_A}{r_E}$	CE: شاخص کلارک و ایوانز r_A: میانگین فاصله گیاه و نزدیک‌ترین همسایه‌ها r_E: میانگین مورد انتظار
	زاویه یکنواخت	$W_i = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3} vij$ $v_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \rightarrow \alpha_j < \alpha_0 \\ 0 \rightarrow \alpha_j \geq \alpha_0 \end{bmatrix}$	Wi: شاخص زاویه یکنواخت aj: زاویه بین گیاهان همسایه a0: زاویه استاندارد
آمیختگی گونه‌ای	شاخص مینگ‌لینگ	$mi = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{k} vj$	Mi: شاخص آمیختگی که i: گیاه مرجع، j: گیاه همسایه
اختلاف ابعاد	تمایز تاج	$TC_i = 1\frac{1}{3}\sum_{j-1}^{3} vij$ $v_{ij} = \frac{\min(sp_i, sp_j)}{\max(sp_i, sp_j)}$	TCi: تمایز تاج
غلبه گونه‌ای	شاخص برگر- پارکر	$D_{BD} = \frac{N_{max}}{N}$	که در آن DBD شاخص برگر- پارکر، Nmax. تعداد افرادی که بیشترین فراوانی را دارند، N تعداد کل گونه‌ها می‌باشد.

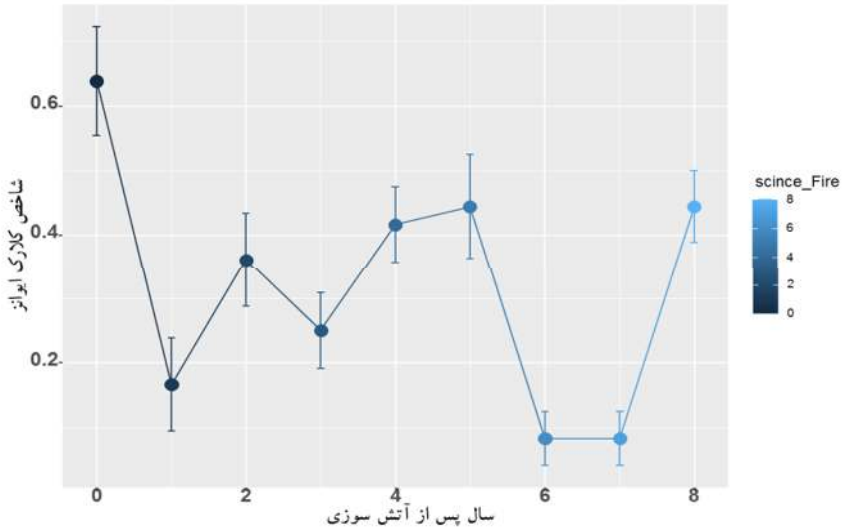
نتایج

در این مطالعه الگوی پراکنش مکانی گونه *Astragalus microcephalus* willd. پس از وقوع آتش‌سوزی با بررسی مجموعه‌ای از شاخص‌های فاصله‌ای تحلیل و مقادیر جدولی آنها به تفکیک میانگین و الگوی پراکنش محاسبه شد (جدول ۲).

محاسبه شاخص کلارک ایوانز در توده معرف شاهد برابر با ۰/۲۶ و در توده‌های معرف سال‌های پس از آتش‌سوزی به ترتیب ۰/۴۲، ۰/۵۶، ۰/۶، ۰/۴۱، ۰/۴۲، ۰/۴، ۰/۷۱ و ۰/۶۹ است (جدول ۲) که نشان‌دهنده الگوی پراکنش کپه‌ای در توده معرف شاهد و توده‌های سال‌های پس از آتش‌سوزی است (شکل ۳).

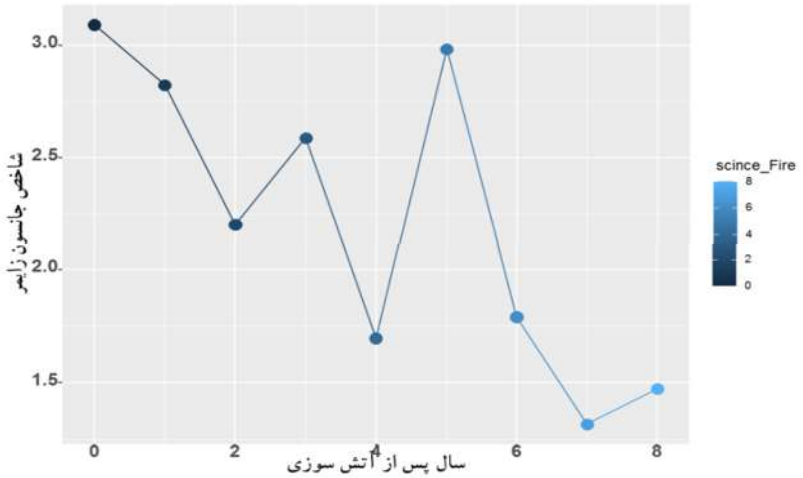
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]



شکل ۳: تغییر در شاخص کلارک ایوانز در سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی

محاسبه مقدار عددی شاخص زاویه یکنواختی برای توده معرف شاهد ۱/۶۷ و به ترتیب برای سال‌های پس از آتش‌سوزی ۱/۶۶، ۱/۶۱، ۱/۵۳، ۱/۶۱، ۱/۵۶، ۱/۶۴، ۱/۸۱ و ۱/۳۶ به دست آمد، که نشان داد توزیع پراکنش گونه *Astragalus microcephalus* willd. از الگوی کپه‌ای تبعیت می‌کند. محاسبه شاخص پراکنش جانسون- زایمر، برای توده شاهد ۳/۱ برای توده سال‌های اول تا ۸ سال پس از آتش‌سوزی به ترتیب مقدار ۲/۸۲، ۲/۲، ۲/۵۹، ۱/۶۹، ۲/۹۸، ۱/۷۹، ۱/۳۱ و ۱/۴۷ را نشان داد و از آنجایی که این مقدار برای توده معرف شاهد و سال‌های اول، دوم، سوم و پنجم بیشتر از مبنای ۲ بود، الگوی پراکنش کپه‌ای و برای سال‌های چهارم و ششم تا هشتم که کمتر از مبنای ۲ بود، الگوی پراکنش یکنواخت را نشان داد (جدول۲). نتایج این شاخص نشان می‌دهد که آتش‌سوزی باعث تغییر الگوی پراکنش گیاهان در منطقه مورد مطالعه شده است. در شکل (۴) تغییرات شاخص جانسون- زایمر نشان داده شده است.

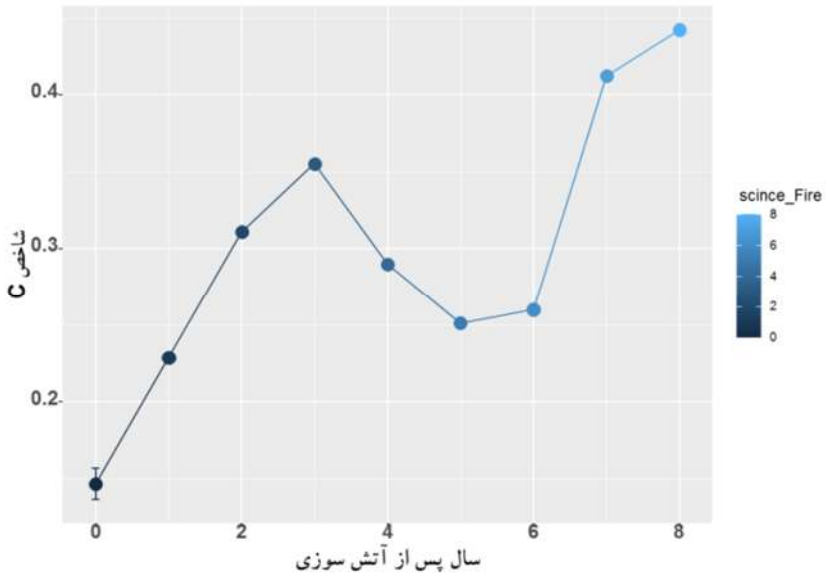


شکل ۴: تغییر در شاخص جانسون زایمر در سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

محاسبه مقدار عددی شاخص C برای توده معرف شاهد ۰/۱۴و برای توده‌های معرف سال‌های پس از آتش‌سوزی به‌ترتیب برابر با ۰/۲۳، ۰/۳۱، ۰/۳۶، ۰/۲۹، ۰/۲۵، ۰/۲۶، ۰/۴۱ و ۰/۳۳ بدست آمد که الگوی پراکنش یکنواخت را نشان داد (جدول ۲). شکل (۵) تغییرات الگوی پراکنش مکانی شاخص C را نشان می‌دهد.



شکل ۵: تغییر در شاخص C در سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی

همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، مقدار شاخص هاپکینز برای توده شاهد ۰/۲۵ و برای توده‌های سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی به ترتیب برابر با ۰/۳۵، ۰/۳۷، ۰/۴، ۰/۴، ۰/۳۸، ۰/۴، ۰/۳۹ و ۰/۳۲ است که از مقدار مبنای ۰/۵ برای این شاخص کمتر بوده و بنابراین الگوی پراکنش به‌صورت یکنواخت تعیین شد. مقدار عددی شاخص ابرهارت برابر با ۲/۳ برای توده معرف شاهد و به ترتیب برای توده معرف سال‌های پس از آتش‌سوزی ۲/۲، ۱/۹، ۲، ۲، ۲/۱، ۲، ۱/۹ و ۲ محاسبه شد که این مقدار محاسبه شده، از مقدار مبنا برای شاخص (۱/۲۷) بیشتر بود و بیانگر الگوی پراکنش کپه‌ای است (جدول ۲).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

جدول ۲: مقادیر مشاهده شده شاخص‌های فاصله‌ای و الگوی پراکنش بدست آمده، توده معرف شاهد و توده‌های معرف یک تا ۸ سال پس از آتش‌سوزی

شاخص	مقادیر شاخص	شاهد	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم	سال ششم	سال هفتم	سال هشتم
کلارک ایوانز	میانگین	۰/۲۶	۰/۴۲	۰/۵۶	۰/۶	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴	۰/۷۱	۰/۶۹
	الگوی پراکنش	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای
زوایه یکنواختی	میانگین	۱/۶۷	۱/۶۶	۱/۶۱	۱/۵۳	۱/۶۱	۱/۵۶	۱/۶۴	۱/۸۱	۱/۳۶
	الگوی پراکنش	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای
جانسون زیمر	میانگین	۳/۱	۲/۸۲	۲/۲	۲/۵۹	۱/۶۹	۲/۹۸	۱/۷۹	۱/۳۱	۱/۴۷
	الگوی پراکنش	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	یکنواخت	کپه‌ای	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت
شاخص C	میانگین	۰/۱۴	۰/۲۳	۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۳۳
	الگوی پراکنش	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت
هاپکینز	میانگین	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۴	۰/۴	۰/۳۸	۰/۴	۰/۳۹	۰/۳۲
	الگوی پراکنش	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت	یکنواخت
ابرهارت	میانگین	۲/۳	۲/۲	۱/۹	۲	۲	۲/۱	۲	۱/۹	۲
	الگوی پراکنش	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای	کپه‌ای

نتایج حاصل از شاخص‌های مینگ‌لینگ، تمایز تاج و برگر-پارکر در جدول (۳) ارائه شده است. بیشترین مقدار شاخص مینگ‌لینگ مربوط به توده شاهد (۰/۶۴) بوده و در توده‌های آتش‌سوزی مربوط به هفت و هشت سال (۰/۴۴) پس از آتش‌سوزی بود. بیشترین مقدار شاخص تمایز تاج به توده معرف یک‌سال پس از آتش‌سوزی تعلق دارد. بیشترین مقدار شاخص برگر- پارکر مربوط به توده‌های معرف آتش‌سوزی هفت و هشت سال پس از آتش‌سوزی هستند.

جدول ۳: میانگین شاخص‌های کمی ساختار در توده‌های معرف شاهد و توده‌های معرف یک تا ۸ سال پس از آتش‌سوزی

شاخص	شاهد	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم	سال ششم	سال هفتم	سال هشتم
مینگ‌لینگ	۰/۶۴	۰/۱۷	۰/۳۶	۰/۲۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۴
تمایز تاج	۰/۴۹	۰/۶۴	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۶	۰/۵۵	۰/۴۲	۰/۶	۰/۶
برگر-پارکر	۰/۵۵	۰/۸۹	۰/۷۱	۰/۸۰	۰/۶۷	۰/۶۲	۰/۹۳	۰/۹۳	۰/۶۶

نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های مختلف بین سال صفر (شاهد) و یک تا ۸ سال پس از آتش‌سوزی، حاکی از این بوده که مشخصه‌های ساختاری به‌دست آمده از شاخص‌های کلارک ایوانز، جانسون زایمر، برگر- پارکر دارای تفاوت معنی‌دار (P<٪۱) است (جدول ۴).

جدول ۴: تجزیه واریانس شاخص‌های ساختار پوشش گیاهی در سال های مختلف پس از آتش سوزی

ردیف	متغیر	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات	آماره F
۱	کلارک ایوانز	۸	۲/۲۶۵	۶/۷۶**
۲	جانسون زایمر	۸	۳۲/۹۶۷	۴۶۲۴/۳۶**
۳	برگر- پارکر	۸	۱/۴۹۳	۷/۶۸**

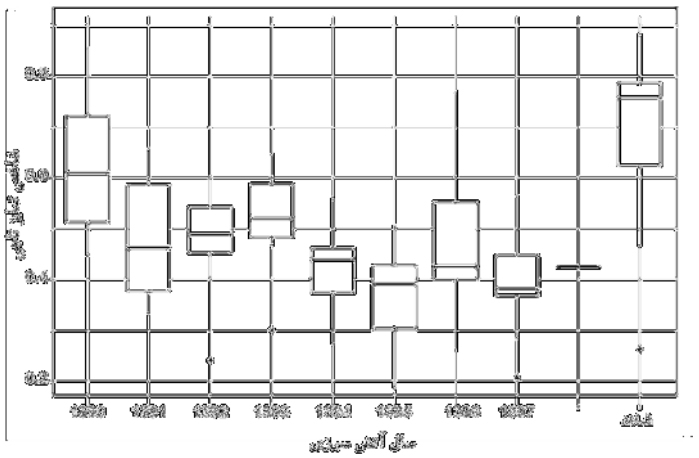
**: اختلاف (اثر) معنی دار در سطح ۱٪ *: اختلاف (اثر) معنی دار در سطح ۵٪ ns: فاقد اختلاف (اثر) معنی دار

شاخص تمایز تاج به بررسی تمایز تاج گونه‌های همسایه نسبت به گونه مرجع می‌پردازد. در صورتی که تاج گونه‌های همسایه نسبت به گونه مرجع چیره باشد، ارزش شاخص به سمت یک میل می‌کند. دامنه تغییرات این شاخص بین دو دامنه صفر و یک در نوسان است. نتایج میانگین تاج برای گیاهان بوته‌ای در سال صفر (شاهد) ۰/۴۹ سانتی‌متر، و برای یک تا ۸ سال پس از آتش‌سوزی به ترتیب

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

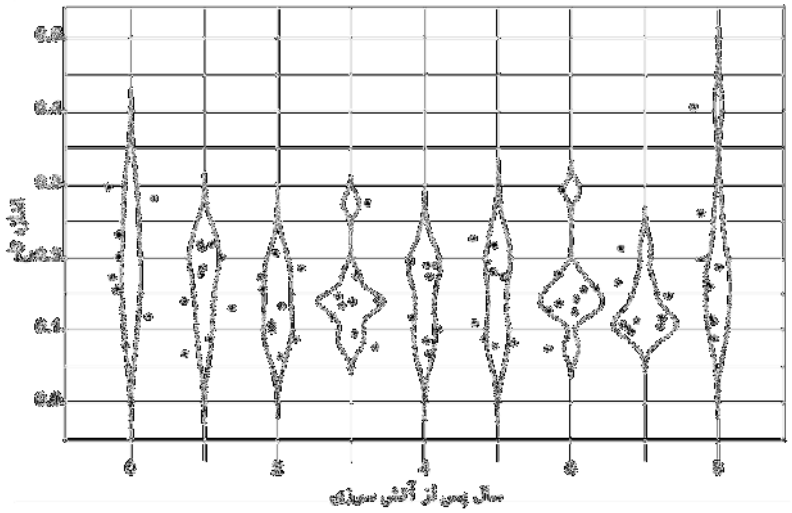
[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

۰/۶۴، ۰/۵۱، ۰/۵۱، ۰/۶، ۰/۵۵، ۰/۴۲، ۰/۶ و ۰/۶ محاسبه شد (شکل ۶).



شکل ۶: نمودار جعبه‌ای شاخص تمایز تاج در گیاهان بوته‌ای در سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی

منحنی ویلونی ضریب تغییرات اندازه تاج را در سال‌های مختلف نشان می‌دهد. با توجه به کشیدگی این منحنی در سال صفر (شاهد) و ۸ سال پس از آتش‌سوزی، گیاهان با ابعاد تاج مختلف در منطقه حضور دارند. در سال‌های ۳ و ۴ و ۷ سال پس از آتش‌سوزی اختلاف در اندازه تاج در گیاهان بوته‌ای اندازه‌گیری شده به حداقل می‌رسد و اندازه تاج گیاهان بوته‌ای شباهت بیشتری به یکدیگر دارند (شکل ۷).



شکل ۷: نمودار ویولونی ضریب تغییرات اندازه تاج گیاهان بوته‌ای در سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

بحث و نتیجه‌گیری

شاخص‌های ساختاری را می‌توان به‌عنوان یک معیار مهم و در ارزیابی تغییرات جمعیت‌های گیاهی و شناخت الگوهای پراکنش مکانی مورد استفاده قرار داد (۵۲ و ۵۶). نتایج حاصل از شاخص زاویه یکنواخت نشان‌دهنده چیدمان کپه‌ای گیاه مرجع نسبت به گیاهان همسایه است، هر چند به‌منظور بررسی تکمیلی الگوی پراکنش مکانی گیاهان بوته‌ای در این پژوهش از شاخص کلارک و اوانز بهره گرفته شد که بر اساس این شاخص، الگوی مکانی گیاه *Astragalus microcephalus* کپه‌ای به‌دست آمد. براساس نتایج حاصل از این تحقیق، الگوی پراکنش توده مورد مطالعه در منطقه شاهد تا ۸ سال پس از آتش‌سوزی بر اساس شاخص‌های ساختاری کپه‌ای تعیین شد. بنابراین نتایج حاصل از این شاخص نشان‌دهنده این موضوع است که آتش‌سوزی باعث تغییر الگوی پراکنش گیاه *Astragalus microcephalus* نشده است. رویش مجدد این گونه از سطح یقه بعد از آتش‌سوزی و عامل نوع پراکنش بذرها و نوع زادآوری یکی دیگر از عوامل موثر بر الگوی پراکنش گونه‌ها معرفی شده است (۴۶)، که عامل موثری در شکل‌گیری الگوی کپه‌ای در منطقه مورد مطالعه نیز بود. زیرا اندازه میوه، وزن بذر و تجمع مکانی آنها رابطه مستقیمی با سطوح بالاتر تجمع دارد. تاج پوشش باز این گونه موجب می‌شود آتش بتواند بوته‌ی گون را درگرفته و در نتیجه سبب سوختن بخشی از آن شود. اندام‌های هوایی که سالم بمانند، قابلیت رویش مجدد را خواهند داشت. به عبارت دیگر، در صورتی که تنها بخشی از اندام گیاهی نزدیک سطح زمین سوخته باشد، به‌دلیل دارا بودن ریشه‌های عمیق و قوی توانایی بهبود و رشد مجدد در فصول پاییز و بهار خواهد داشت. گیاه *Astragalus microcephalus* به دلیل داشتن بذرهای سنگین و ریختن آنها در زیر گونه‌ها دارای الگوی کپه‌ای هستند. الگوی مکانی گونه‌ای یا فرایندی طبیعی یک جامعه گیاهی است و یا فرایندی پیچیده از سایر عوامل محسوب می‌شود. آنچه مسلم است، این است که ظهور هر یک از این الگوها در نتیجه وجود شرایط خاص در بوم‌سازگان است و گاهی در بررسی‌ها مربوط به تعیین پراکنش الگو، به‌طور قطع یکی از انواع کپه‌ای، تصادفی و یکنواخت نخواهد بود، بلکه درجات مختلفی از این الگوها را شامل می‌شود (۲۰، ۲۱ و ۵۱).

براساس مقدار شاخص مینگ‌لینگ توده معرف شاهد و توده‌های معرف پس از آتش‌سوزی از آمیختگی مختلفی برخودار بودند. شاخص آمیختگی مینگ‌لینک دارای طبقه‌بندی از صفر (کمترین آمیختگی گونه‌ای) تا یک (بیشترین آمیختگی گونه‌ای) است. مقدار صفر به مفهوم آن است که بیشترین گونه‌های همسایه از نوع گونه مرجع نیستند و از نوع سایر گونه‌های حاضر در منطقه هستند (۴۸). آمیختگی گیاهان بوته‌ای این پژوهش در توده معرف شاهد این مقدار از شرایط مطلوبی (۰/۶۴) برخودار است. درتوده معرف شاهد از کل ۳۶ گیاه همسایه ثبت شده تعداد ۱۰ پایه *Onoborychis cornuta*، ۵ پایه *Astragalus aureus* و ۶ پایه *Acantholimon giliatii* و ۲ پایه به گیاه *Astragalus compactus* اختصاص داشت و تعداد ۱۳ پایه نیز از گیاه *Astragalus microcephalus* ثبت شد. در توده معرف یک سال پس از آتش‌سوزی تعداد ۳۱ پایه از ۳۶ گیاه ثبت شده به گیاه مرجع *Astragalus microcephalus* اختصاص داشته و منطقه از آمیختگی ضعیفی (۰/۱۷) برخودار است. مقدار شاخص آمیختگی در سال‌های دوم و سوم بهبود پیدا کرده و به مقدار ۰/۳۶ و ۰/۲۵ رسید و ۲۸ پایه در دو سال بعد از آتش‌سوزی به گیاه مرجع و ۱۳ پایه نیز گیاهی غیر از گیاه مرجع ثبت شد. بررسی تغییرات پوشش گیاهی مراتع کوهستانی در اثر آتش‌سوزی نشان داد که گونه‌هایی از جنس *Acantholimon* و گیاه *Onoborychis cornuta* حساس به آتش بوده و تا دو سال بعد از آتش‌سوزی تعداد آنها به شدت کاهش پیدا کرد (۱۴). مطالعه تأثیر آتش‌سوزی در قرق تحقیقاتی خلخال نشان داد در دو سال پس از آتش‌سوزی پوشش گیاهان بوته‌ای خادار مانند *Astragalus persicus* و گیاه *Onoborychis cornuta* از ۳۴/۳ به ۱۸/۶۷ درصد کاهش یافته است (۴۹). توده معرف چهار و پنج سال پس از آتش‌سوزی به مقدار ۰/۴۲ و ۰/۴۴ محاسبه ولی در شش و هفت سال پس از آتش‌سوزی این مقدار کاهش زیادی داشته و به ۰/۰۸ می‌رسد و در ۸ سال پس از آتش‌سوزی به ۰/۴۴ می‌رسد. بنظر می‌رسد کاهش شاخص مینگ‌لینگ درتوده معرف آتش‌سوزی ناشی از

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

رقابت با گندمیان چندساله باشد که توانسته‌اند در شش و هفت سال پس از آتش‌سوزی سهم بیشتری از پوشش گیاهی منطقه را داشته باشند. در همین راستا، گزارش شده است که در مراتع استپی کردان درصد تاج پوشش گندمیان در سال اول و دوم پس از آتش‌سوزی روند کاهشی داشت ولی با گذشت زمان و در سال سوم بررسی، گندمیان چندساله دوباره فرصت تجدید حیات پیدا کرد و درصد پوشش تاجی آنها به حالت اولیه برگشت (۱۸).

الگوی پراکنش مکانی گونه *Astragalus microcephalus* با استفاده از شاخص‌های جانسون زایمر برای توده شاهد کپه‌ای و توده‌های معرف یک تا سه سال پس از آتش‌سوزی کپه‌ای و برای چهارم یکنواخت، از پنج تا هشت سال پس از آتش‌سوزی کپه‌ای برآورد شد. بنظر می‌رسد این شاخص حساسیت بیشتری داشته و توانسته تغییرات را بهتر نشان دهد. شاخص الگوی پراکنش ابرهارت هم در تمامی توده‌های مورد بررسی شاخص الگوی پراکنش را کپه‌ای نشان دادند. همان گونه که گفته شد پراکنش مکانی در مطالعه حاضر با استفاده از شاخص‌های C و هاپکینز در تمامی توده‌های مورد بررسی شاخص الگوی پراکنش را یکنواخت تشخیص داده و به نظر می‌رسد که استدلال Soltanian و همکاران (۲۰۱۷) در مورد منطقه مورد مطالعه نیز صادق باشد. آنها بیان کردند که در جوامع گیاهی عوامل درون گونه‌ای همچون رقابت برای کسب مواد غذایی و آب سبب ایجاد الگوی پراکنش یکنواخت خواهد شد. بنظر می‌رسد آشفتگی‌هایی مانند آتش‌سوزی همانند تکنیک‌های مدیریتی ارائه کننده الگوی پراکنش یکنواخت باشد (۱۹). تأثیر گیاهان بر روی یکدیگر در نتیجه رقابت برای کسب رطوبت از عوامل دیگر ایجاد پراکنش یکنواخت در جوامع کم تراکم است، جهانتاب و همکاران (۲۰۱۲) به نتایج مشابهی در مورد الگوی پراکنش گونه درمنه دشتی دست یافتند.

تفاوت در نتایج بدست آمده شاخص‌های فاصله‌ای هر کدام در درک الگوی خاصی توانایی دارند. به عنوان مثال هاپکینز در کشف الگوی تصادفی و تشخیص الگوهای غیر کپه‌ای، شاخص جانسون زایمر نسبت به الگوی یکنواخت ضعیف عمل می‌کند. زیرا این شاخص فقط یک فاصله را ملاک محاسبه قرار می‌دهد که ممکن است این فاصله در داخل کپه‌ها یا حواشی آن قرار گرفته و به دلیل بزرگ بودن کپه‌ها وجود افراد تصادفی زیاد در بین کپه‌ها به دلایل مختلف همچون آتش‌سوزی و به هم زدن کپه‌ها آرایش به دست آمده یکنواخت معرفی شود، حال آنکه الگوی پراکنش واقعی کپه‌ای است. اما شاخص جانسون زایمر مستقل از تراکم است که در مطالعه‌های مختلف نیز این قابلیت تأیید شده است. شاخص ابرهارت شاخص مناسبی برای تعیین الگوی پراکنش مکانی معرفی شده است چرا که از تراکم جامعه تأثیر کمتری می‌پذیرد (۲۴). به‌طور کلی یکی از دلایل پراکنش کپه‌ای گیاهان مکانسیم بذر این گیاهان است. در گونه *Astragalus microcephalus* بذرها از نوع فندقه هستند و در فاصله‌ای مشخص از پایه مادری پراکنده می‌شوند. در رویشگاه مورد مطالعه به دلیل شرایط محیطی و اکولوژیکی حاکم، در بعضی از قسمت‌ها پایه‌های گیاه به‌صورت جفتی، سه تایی و یا حتی چهارتایی دیده شده و حالت کپه‌ای را به وجود می‌آورند. در این رویشگاه شاخص‌های نشان‌دهنده الگوی پراکنش که فقط بر اساس اندازه‌گیری فواصل نقطه تا نزدیکترین فرد است (ابرهارت و جانسون زایمر)، این حالت کپه‌ای را نشان می‌دهند. در عوض شاخص‌هایی که براساس اندازه‌گیری دو فاصله نقطه تا نزدیکترین فرد و فرد تا همسایه هستند، (هاپکینز و شاخص C) الگوی پراکنش این گونه را در توده معرف شاهد و توده‌های معرف سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی یکنواخت نشان می‌دهند. در بررسی الگوی پراکنش گیاهان هر چه بتوان تعداد بیشتری از پایه‌های گیاهی موجود در منطقه و سطح بزرگتری را مورد بررسی قرار داد، می‌توان با اطمینان بیشتری به این نتیجه رسید که نتایج به واقعیت نزدیک است (۱ و ۲۶).

نتایج حاصل از تمایز تاج نشان می‌دهد که در سال‌های مختلف پس از آتش‌سوزی اندازه تاج دارای تغییرات می‌باشد. هر چند که اندازه تاج گیاهان به نوع گونه هم وابسته است. در سال صفر (شاهد) مقدار عددی شاخص عدد بزرگتری را داشته باشد و در سال‌های ابتدایی آتش‌سوزی اختلاف اندازه تاج با منطقه شاهد با هم بیشتر می‌شود. در سال‌هایی که آتش‌سوزی بوده و آثارش هنوز

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

وجود دارد عدد کمتر است. نتایج حاصل از شاخص برگر- پارکر نشان دهنده روند افزایشی غلبه گونه مرجع بعد از وقوع آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه است. بالاترین مقدار شاخص برگر- پارکر مربوط به شش تا هفت سال (۰/۹۳) پس از آتش‌سوزی بود؛ بنابراین گونه *Astragalus microcephalus* در اثر آتش‌سوزی از ترکیب پوشش گیاهی حذف نشده و در طی هشت سال غالبیت خود را نسبت به سایر گونه‌های بوته‌ای ترکیب پوشش گیاهی افزایش داده است.

بر اساس نتایج، شاخص‌های کلارک ایوانز، زاویه یکنواختی و ابرهارت حاکی از الگوی پراکنش کپه‌ای در توده‌های معرف شاهد و آتش‌سوزی در سال‌های مختلف بود. شاخص‌های C و هاپکینز الگوی پراکنش را در توده‌های شاهد و آتش‌سوزی یکنواخت نشان دادند. شاخص جانسون و زایمر در توده‌های شاهد و آتش‌سوزی الگوهای متفاوتی را نشان دادند. ماهیت پراکنش گونه *Astragalus microcephalus* به دلیل شرایط ادافیکی و مورفولوژیکی و محیطی بدین صورت است که بوته‌ها در بعضی قسمت‌ها به صورت جفتی در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و لکه‌های کوچکی را ایجاد می‌نمایند و الگوی پراکنش کپه‌ای از خود نشان می‌دهند. پوشش باز این گونه موجب می‌شود آتش، بوته‌ی گون را دربرگرفته و در نتیجه سبب سوختن بخشی از آن شود. اندام‌های هوایی که سالم مانده، قابلیت رویش مجدد را خواهند داشت. همچنین به دلیل دارا بودن ریشه‌های عمیق و قوی توانایی بهبود و رشد مجدد در فصول پاییز و بهار دارد. به‌طور کلی، رویش مجدد این گونه از سطح یقه بعد از آتش‌سوزی، نوع پراکنش بذرها و نوع زادآوری از عوامل موثر بر ثابت ماندن الگوی پراکنش بعد از آتش‌سوزی است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

References

1. Baranian, E., M. Basiri, H. Bashari & M. Tarkesh, 2012. Study of spatial pattern of Plants using point pattern analysis, spatial and quadrate indices (Rangeland of Fereidan in Isfahan province). Journal of Rangeland, 5(3): 258-269. (In Persian).
2. Bond, W. & J. Keeley, 2005. "Fire as a global "herbivore": the ecology and evolution of flammable ecosystems." Trends in Ecology & Evolution, 20(7): 387–394.
3. Bond, W.J. & C.L. Parr, 2010. Beyond the forest edge: ecology, diversity and conservation of the grassy biomes. Biological Conservation, 143(10): 2395–2404.
4. Bond, W.J., G.F. Midgley & F.I. Woodward, 2003. "What controls south African vegetation-climate or fire?" South African. Journal of Botany, 69(1): 79–91.
5. Bonham, C.D, 2013. Measurements for terrestrial vegetation. John Wiley & Sons. 246 p.
6. Bossdorf, O., F. Schurr & J. Schumacher, 2000. Spatial patterns of plant association in grazed and ungrazed shrublands in the semi- arid Karoo, South Africa. Journal of Vegetation Science, 11: 253-258. .
7. Cavieres, L., M.T. Arroyo, A. Peñaloza, M. Molina-Montenegro & C. Torres, 2002. Nurse effect of *Bolax gummifera* cushion plants in the alpine vegetation of the Chilean Patagonian Andes. Journal of Vegetation Science, 13(4), 547-554.
8. Cavieres, L.A., E.I. Badano, A. Sierra-Almeida & M.A. Molina-Montenegro, 2007. Microclimatic modifications of cushion plants and their consequences for seedling survival of native and non-native herbaceous species in the high Andes of central Chile. Arctic, Antarctic, and Alpine Research, 39(2): 229-236.
9. Chapin, F.S., P.A. Matson & H.A., Mooney, 2002. Principles of terrestrial ecosystem ecology, Springer, New York, 442 P.
10. Charles-Dominique, T., G. F. Midgley & W. J. Bond, 2017. Fire frequency filters species by bark traits in a savanna-forest mosaic. Journal of Vegetation Science, 28(4):728–735.
11. Chokkalingam, U. & A. White., 2001. Structure and spatial patterns of trees in old-growth northern hardwood and mixed forests of northern Maine. Plant Ecology, 156: 139-160.
12. Clark, P.J. & F.C. Evans, 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. Ecology, 35(4):445–453.
13. Dadjou, F., L. Andalibi, A. Ghorbani, M. Moameri, M. Abbasi Khalaki & Sh. Meftahi, 2019. Evaluation of protective role of *Astragalus microcephalus* willd in qezel ozan rangelands, Ardebil province. In: 1st International conference and the 4th national conference on conservation of natural resources and environment, August 2019, Ardabil, Iran. (In Persian)
14. Eftekhari, A., M. Goudarzi, P. Ashouri & R. Khalifehzadeh, 2019. Changes in vegetation cover of sirachal mountain rangelands due to fire. Iranian journal of range and desert research, 26(2): 352-366. doi: 10.22092/ijrdr.2019.119357 (In Persian).
15. Ehbrecht, M., P. Schall, C. Ammer & D. Seidel, 2017. Quantifying stand structural complexity and its relationship with forest management, tree species diversity and microclimate. Agricultural and forest meteorology, 242, 1-9.
16. Ghorbani, A., A. Mirzaei Mossivand & A. Esmali Ouri, 2012. Utility of the normalized difference vegetation index (NDVI) for land/canopy cover mapping in khalkhal county, Iran. Annals of biological research, 3(12): 5494-5503.
17. Ghorbani, A., A. Pournemati, S.Z. Ghasemi & A. Shokohian, 2017. Comparison of some effective environmental factors on distribution of *Dactylis glomerata* L. and *Thymus kotschyanus* Boiss and Hohen. in south of ardabil province. Journal of Rangeland and Watershed Management, 70(2): 449-464. (In Persian).
18. Goudarzi, M., A.A. Shamoradi, G. Karimi, M. Azimi, F. Khaksarian, M. Matinizadeh & E. Zandi Esfahan, 2012. Fire effects on soil physical, chemical, biological properties and vegetation cover in rangeland. Final report of research project research institute of forests and rangelands, 47p. (In Persian).
19. Gradel, A., O. Nadaldorj, A.A. Altaev, A.A. Voinkov & E. Bazarradnaa, 2015. Spatial distribution of trees on light taiga plots before selective thinning. Journal of agricultural sciences, 15: 91 -99.
20. Gupta, S.D. & B.D. Pinno, 2018. Spatial patterns and competition in trees in early successional reclaimed and natural boreal forests. Acta Oecologica, 92: 138-147.
21. Han, L., H. Wang, Z., Zhou & Z. Li, 2008. Spatial distribution pattern and dynamics of the primary population in a natural *Populus euphratica* forest in tarim basin, xinjiang, china. Frontiers of Forestry in China, 3(4): 456- 461.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

22. Haubensak, K., D.C. Antonio & D. Wixon, 2009. Effects of fire and environmental variables on plant structure and composition in grazed salt desert shrub lands of the Great Basin (USA), Journal of arid environments, 73(6): 643–650.
23. Higgins, S.I., J.W. Bond, H. Combrink, J.M. Craine, E.C. February, N. Govender, K. Lannas, G. Moncreiff & W.S.W. Trollope, 2012. Which traits determine shifts in the abundance of tree species in a fireprone savanna?" Journal of Ecology, 100(6): 1400–1410.
24. Hoseinpoor, L., Z. Jafarian, S. Rastgar & H. Ghlichnia, 2017. Determination of spatial pattern of *Berberis integerrima* using hundred percent sampling methods, distance and point indices in asbchar woody rangeland in mazandaran province, Journal of Plant Ecosystem Conservation, 5(10): 1 39-153. (In Persian)
25. Hui, G., L. Li, Zh. Zhao & P. Dang, 2007. Comparison of methods in analysis of the tree spatial distribution pattern. Acta Ecologica Sinica, 27(11): 4717−4728.
26. Jafarian Z., L. Hossein poor, S. Rastgar & H. Ghelichnia, 2016. Evaluating various indices for determining the spatial patterns of *Artemisia fragrant* and *Bromus tomentellus* (Case study: Baladeh Rangelands, Mazandaran). Journal of Rangeland, (2): 10: 144-157.
27. Jahantab, E., Y. Ghasemi, A. Sepehri, B. Hanafi & E.A. Yazdan Panah, 2012. Study on distribution pattern of dominant plant species of mountainous rangelands in central zagros (case study: dyshmuk region in kohgilouyeh and boyerahmad Province). Journal of Range and Desert Research, 19(3): 482-489. (In Persian).
28. Kint, V., D.W. Robert & L. Noël, 2004. Evaluation of sampling methods for the estimation of structural indices in forest stands. Ecological Modeling, 180(4): 461-476.
29. Krebs, C.J., 2013. Ecological methodology. 2nd Edit, Version 4, University Of Columbia, 620 P.
30. Ledo, A., F. Montes & S. Condés, 2012. Different spatial organization strategies of woody plant species in a montane cloud forest. Acta Oecologica, 38, 49-57.
31. Magurran, A. E., 1988. Ecological diversity and its measurement. London: Croom Helm.
32. Mahmoodi, M., A. Maassoumi & B. Hamzehee, 2009. Geographic distribution of *Astragalus* in Iran. Rostaniha, 10(1): 112-132.
33. Makumbe, P., G. Chikorowondo, P.C. Dzamara, H. Ndaimani & E. Gandiwa, 2020. Effects of fire frequency on woody plant composition and functional traits in a wet savanna ecosystem. International Journal of Ecology, 1-11.
34. Malhado, A.C.M. & M.J. Petrere, 2004. Behaviour of dispersion indices in pattern detection of a population of angico, Anadenanthera peregrina (Leguminosae). Brazilian Journal of Biology, 64(2): 243-249.
35. Minor, J., D.A. Falk & G.A. Barron-Gafford, 2017. Fire severity and regeneration strategy influence shrub patch size and structure following disturbance. Forests, 8(221): 1-22.
36. Montane, F., P. Casals, M. Taull, B. Lambert & M.R.T. Dale, 2009. Spatial patterns of shrub cover after different fire disturbances in the Pyrenees. Annals of forest science, 66 (6): 612-621.
37. Mozaffarian, V., 2019. Flora of gilan. Iliya publication, iran.1556 p. (In Persian)
38. Mudongo, E., R. Fynn & M. C. Bonyongo, 2016. Influence of fire on woody vegetation density, cover and structure at tiisa kalahari ranch in western botswana. Grassland Science, 62 (1): 3–11.
39. Nguyen, H., Y. Erfanifard & I. Petritan, 2018. Nearest neighborhood characteristics of a tropical mixed broadleaved forest stand. Forests, 9(1), 33.
40. Pommerening, A., & Uria-Diez, J. (2017). Do large forest trees tend towards high species mingling? Ecological Informatics, 42: 139-147.
41. Pommerening, A., 2002. Approaches to quantifying forest structures. Forestry 75(3):305–324.
42. Pommerening, A., 2006. Evaluating structural indices by reversing forest structural analysis. Forest Ecology and Management, 224: 266–277.
43. Pournemati, A., A. Sepehry, H. Barani & K. Sefidi, 2022. Indigenous knowledge of shepherds in determining the flammability of vegetation: A case study of khalkhal semi-steppic rangelands of iran. Journal of Rangeland Science, 12(4): 434-449. doi: 10.30495/rs.2022.685974.
44. Rezaie, R., A. Ahmadi, N. Abdi & H. Toranjzar, 2023. Fire effects on composition, density and species diversity vegetation and soil seed bank (Case study: Kangavar rangelands). Journal of Rangeland, (4): 16: 729-744.
45. Ruprecht, H. A., B. Dhar, G. Aigner, K. Oitzinger, K. Raphael & H. Vacik, 2010. Structural diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. European Journal of Forest Research, 129: 189-198.
46. Safaei, M., H. Bashari & H.A. Shirmardi, 2016. Evaluating the effects of study scale on spatial patterns of three range plant species using quadrate indices and point pattern analysis in chaharmahal- Bakhtirai Province rangelands. Iranian Journal of Applied Ecology, 5 (17):37-49. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]

47. Sefidi, K. & M. Sadeghi, 2019. Structural characteristics of *Quercus macranthera* forests in arasbaran region, North west of iran (Hatam Mashesi, Meshgin-Shahr). Iranian Journal of Forest, 11(3): 347-361. (In Persian)
48. Sefidi, K., Y. Firouzi, M. Sharari, F.K. Behjou & Y. Rostamikia, 2018. Quantification of spatial structure of juniper stands in Kandaragh region, Quarterly Iranian Journal of Forest, 10 (2): 207-220. (In Persian)
49. Sharifi, J. & A.A. Iemani., 2006. An evaluation of the effect of controlled firing on plant cover change and diversity composition in Semi-Steppe Rangelands of Ardabil Province. Iranian Journal of Natural Resource, 59(2): 517-526. (In Persian)
50. Singh, J., S.R. Levick, M. Guderle, C. Schmullius & S.E. Trumbore, 2018. Variability in fire-induced change to vegetation physiognomy and biomass in semi-arid savanna. Ecosphere, 9, 2514.
51. Soltanian, S., M. Heydari & E. Khosropour, 2017. Spatial pattern of lebanon oak (Quercus libani Oliv.) in Baneh forests, Kurdistan province. Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 25(3): 463-473. (In Persian)
52. Staudhammer, C.L. & V.M. Lemay, 2001. Introduction and evaluation of possible indices of stand structural diversity. Canadian Journal of Forest Research, 31: 1105-1115.
53. Szmyt, J. & D. Dobrowolska, 2016. Spatial diversity of forest regeneration after catastrophic wind in northeastern Poland. Forest-Biogeosciences and Forestry, 9(3): 414.
54. Szmyt, J., 2014. Spatial statistics in ecological analysis: from indices to functions. Silva Fennica, 38: 1-31.
55. Tahmasebi, P., 2013. The survey of damaging effects and potential use of fire as a vegetation management tool for semi-steppe rangelands. Journal of Rangeland and Watershed Management, 66(2): 287-298. (In Persian).
56. Trifković, S., 2013. Spatial distribution and composition of trees in an aging coppice forest in Japan. Formath, 1: 35-53.
57. Von Gadow, V.K. & K. Fuldner., 1995. Zur Beschreibung forstlicher Eingriffe. Forestwissenschaft. Central Nlatt. 114(3):151–159.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1402.17.4.7.2]