Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Investigating the Interactive Effects of Various Climatic Factors on Astragalus Pastures in Kerman Province Using Multivariate Statistical Methods

Rasool Khatibi*[1], Morteza Saberi[2], Masoud Afshari Pour[3], Mohammad Tajoddini[3], Samira Bigonah[3]

[1.] Corresponding author; Assistant Prof., Department of Nature Engineering, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran. E-mail: Rasoolkhatibi@uoz.ac.ir

[2.] Associate Prof., Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran.

[3.] Expert, General Department of Natural Resources and Watershed Management of South Kerman, Kerman, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2026; Vol 20, Issue 4

Article history:
Received: 03.10.2025
Revised: 11.10.2026
Accepted: 13.10.2026

Keywords:
Bioclimate,
Factor analysis,
Ward clustering,
Kriging,
Dust.

Abstract

Background and Objective: Rangeland vegetation is directly influenced by climate variability. Changes in temperature, precipitation, humidity and wind can shift vegetation-zone boundaries, alter species composition, and affect the stability of ecosystem functioning. Kerman Province (southeastern Iran) is characterized by pronounced climatic heterogeneity and extensive Astragalus-dominated rangelands, which contribute to soil protection and wind-erosion control, provide forage, and support gum tragacanth production. This study aimed to identify the dominant climatic factors controlling the bioclimate of Astragalus rangelands and to produce a homogeneous climatic zoning map for the province using multivariate statistical methods.

Methodology: Eighty-six monthly, seasonal and annual climatic variables were compiled from 14 synoptic and climatological stations for the 1990–2015 period. Point observations were interpolated to continuous surfaces using Kriging, Cokriging and Inverse Distance Weighting (IDW), and their accuracy was evaluated using the root mean square error (RMSE). Based on rainfall variogram analysis, a 15×15 km grid was adopted and climatic values were estimated at 754 grid nodes across the province. To reduce multicollinearity and extract dominant climatic components, factor analysis using the principal component method with Varimax rotation was applied, and significant factors were selected using eigenvalues and scree plots. Factor scores for each grid node were then used in hierarchical Ward clustering to delineate homogeneous climatic zones. For comparison and consistency assessment, the resulting zoning was compared with Gaussen and modified De Martonne classifications. Finally, the climatic zones were overlaid with the vegetation map to identify vegetation types containing Astragalus and characterize their climatic settings.

Results: Kriging produced the lowest interpolation error (RMSE=1.61), outperforming IDW (2.03) and Cokriging (2.45), and was selected for final mapping. Factor analysis reduced the 86 input variables to six dominant climatic factors explaining 97.28% of the total variance: temperature (44.48%), relative humidity coupled with warm-season precipitation (35.55%), autumn–winter–spring precipitation (6.29%), October wind speed (5.03%), August wind speed (3.92%), and dust (1.99%). The first two factors jointly accounted for 80.04% of the variance,

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

indicating the predominance of thermal and moisture controls. Ward clustering based on factor scores delineated eight homogeneous climatic zones, and spatial maps of both the zones and individual factors were produced. Overlaying the climatic zoning with the vegetation map showed that different Astragalus rangeland types occur within distinct climatic zones and differ in their sensitivity to thermal, moisture, wind and dust factors.

Conclusion: At the provincial scale, temperature and moisture-related components constitute the primary bioclimatic controls of Astragalus rangelands in Kerman, while wind and dust can impose important local constraints on vegetation establishment and persistence. Multivariate zoning that simultaneously considers multiple climatic components provides higher discriminatory power in identifying homogeneous areas than single-index classifications and offers a basis for selecting suitable vegetation types for restoration, prioritizing areas vulnerable to wind and dust, and designing climate–ecological monitoring programs. Future work should evaluate soil properties and grazing pressure alongside climatic factors within integrated models.

Cite this article: Khatibi, R., M. Saberi, M. Afshari Pour, M. Tajoddini, S. Bigonah, 2026. Investigating the Interactive Effects of Various Climatic Factors on Astragalus Pastures in Kerman Province Using Multivariate Statistical Methods. Journal of Rangeland, 20(4): 449-471.



© The Author(s).

DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3

Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

بررسی اثر تعاملی عوامل مختلف اقلیمی مؤثر بر گون‌زارهای استان کرمان با روش‌های آماری چند متغیره

رسول خطیبی[1*]، مرتضی صابری[2]، مسعود افشاری پور[3]، محمد تاج الدینی[3]، سمیرا بی‌گنه[3]

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران. رایان نامه: Rasoolkhatibi@uoz.ac.ir

۲. دانشیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳. کارشناس اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری جنوب کرمان، کرمان، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۵؛ جلد ۲۰، شماره ۴

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۷/۱۱
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۵/۰۷/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۷/۲۱

واژه‌های کلیدی:
اقلیم رویشی،
تحلیل عاملی،
خوشه‌بندی واردز،
کریجینگ،
گردوغبار.

چکیده

سابقه و هدف: پوشش گیاهی مرتعی به‌طور مستقیم از مؤلفه‌های اقلیمی اثر می‌پذیرد و تغییر در دما، بارش، رطوبت و باد می‌تواند مرز پهنه‌های رویشی، ترکیب گونه‌ای و پایداری کارکردهای اکوسیستم را دگرگون کند. استان کرمان با ناهمگنی شدید اقلیم و حضور گسترده تیپ‌های گون‌زار (جنس *Astragalus*) از نظر حفاظت خاک، کنترل فرسایش بادی، تولید علوفه و تولید کتیرا اهمیت دارد. هدف این پژوهش شناسایی عوامل اقلیمی غالبِ کنترل‌کننده اقلیم رویشی گون‌زارها و تهیه نقشه پهنه‌بندی اقلیمی همگن استان با رویکرد آماری چندمتغیره است.

مواد و روش‌ها: داده‌های اقلیمی شامل ۸۶ پارامتر ماهانه، فصلی و سالانه از ۱۴ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی برای دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ استخراج شد. برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به سطحی، سه روش درون‌یابی کریجینگ (Kriging)، کوکریجینگ (Cokriging) و عکس فاصله وزنی (IDW) اجرا و دقت آن‌ها با شاخص ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) مقایسه گردید. بر اساس تحلیل واریوگرام بارش، اندازه شبکه ۱۵×۱۵ کیلومتر انتخاب و مقادیر اقلیمی در ۷۵۴ گره شبکه در سطح استان برآورد شد. سپس برای کاهش همخطی و استخراج مؤلفه‌های غالب، تحلیل عاملی با روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش Varimax انجام و عامل‌های معنی‌دار بر اساس مقدار ویژه و نمودار Scree انتخاب گردید. امتیاز عاملی هر گره محاسبه و خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی به روش واردز اجرا شد تا پهنه‌های اقلیمی همگن استخراج گردد. برای سنجش سازگاری نتایج، پهنه‌بندی گوسن و دمارتن اصلاح‌شده نیز تهیه و با روش چندمتغیره مقایسه شد. در پایان، نقشه پوشش گیاهی استان برای استخراج تیپ‌های دارای *Astragalus* با نقشه پهنه‌بندی اقلیمی همپوشانی داده شد.

نتایج: کریجینگ کمترین خطای درون‌یابی را نشان داد (RMSE=۱/۶۱) و نسبت به IDW (۲/۰۳) و کوکریجینگ (۲/۴۵) برتر بود. تحلیل عاملی از میان ۸۶ پارامتر ورودی، شش عامل اقلیمی غالب را استخراج کرد که در مجموع ۹۷/۲۸ درصد از واریانس داده‌ها را تبیین نمودند. سهم عامل‌ها شامل: عامل درجه حرارت (۴۴/۴۸ درصد)، عامل رطوبت نسبی همراه بارندگی فصول گرم (۳۵/۵۵ درصد)، عامل بارندگی فصول پاییز، زمستان و بهار (۶/۲۹ درصد)، عامل سرعت باد در اکتبر (۵/۰۳ درصد)، عامل سرعت باد در آگوست (۳/۹۲ درصد) و عامل گردوغبار (۱/۹۹ درصد) بود؛ به‌طوری‌که دو عامل اول روی‌هم ۸۰/۰۴ درصد از واریانس را توضیح دادند. خوشه‌بندی واردز بر اساس امتیازات عاملی، استان را به هشت پهنه اقلیمی همگن تفکیک کرد و نقشه پهنه‌ها و نقشه‌های توزیع مکانی عامل‌ها تهیه شد. تلفیق با نقشه پوشش گیاهی نشان داد تیپ‌های

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

مختلف گون‌زار در پهنه‌های اقلیمی مشخصی استقرار دارند و حساسیت آنها نسبت به عامل‌های حرارتی، رطوبتی، بادی و گردوغبار متفاوت است.
نتیجه‌گیری: در مقیاس استانی، کنترل‌های حرارتی و رطوبتی مهم‌ترین محرک‌های اقلیم رویشی گون‌زارهای کرمان هستند و در کنار آنها باد و گردوغبار می‌توانند محدودیت‌های محلی مؤثر بر موفقیت استقرار و پایداری پوشش گیاهی باشند. پهنه‌بندی چندمتغیره به دلیل لحاظ همزمان چندین مؤلفه اقلیمی، نسبت به روش‌های تک‌شاخص توان تفکیک بیشتری برای شناسایی مناطق همگن دارد و می‌تواند مبنایی برای انتخاب تیپ/گونه مناسب در عملیات احیا، اولویت‌بندی مناطق حساس به باد و گردوغبار و طراحی پایش اقلیمی-اکولوژیک باشد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های بعدی اثر ویژگی‌های خاک و فشار چرا در کنار عوامل اقلیمی در چارچوب مدل‌های تلفیقی ارزیابی شود.

استناد: خطیبی، ر.، م. صابری، م. افشاری‌پور، م. تاج الدینی، س. بی‌گنه، ۱۴۰۵. بررسی اثر تعاملی عوامل مختلف اقلیمی مؤثر بر گون‌زارهای استان کرمان با روش‌های آماری چندمتغیره. مرتع، ۲۰(۴): ۴۴۹-۴۷۱.

DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

مقدمه

پوشش گیاهی مهم‌ترین عامل مؤثر در پایداری و تعادل اکوسیستم‌های طبیعی است. گیاهان در طبیعت به‌خوبی اثرات محیطی را نشان می‌دهند و به‌دلیل مکان ثابتی که دارند، برای تفکیک و جداسازی اقالیم رویش حیاتی مناسب هستند (۲۴). تغییرات اقلیمی یکی از عوامل دگرگون‌کننده در فیزیولوژی، فنولوژی، محدوده پراکنش گونه‌ها و پایداری اکولوژیکی در اکوسیستم‌های مختلف محسوب می‌شود (۶ و ۸). درک پاسخ پوشش گیاهی به تغییرات آب‌وهوایی به‌ویژه برای مدیریت پوشش گیاهی در مناطق مختلف ضروری است.

تحقیقات جهانی نشان می‌دهد که آب‌وهوا تأثیر شدیدی بر پوشش گیاهی دارد. پوشش گیاهی نقش مهمی در منطقه‌بندی آب‌وهوایی دارد و می‌توان از آن به‌عنوان نشانه‌ای از الگوهای مختلف آب‌وهوایی و توپوگرافی استفاده کرد (۱۹). پاکزاد و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی اثر عوامل اقلیمی بر گسترش رویشگاه‌های گون‌گزی (*Astragalus adscendens*) در استان اصفهان نشان دادند که سه عامل بارش، تابش و باد به‌ترتیب ۴۷/۴، ۳۰ و ۱۲/۸ درصد و در کل ۹۰/۲ درصد پراش متغیرهای اولیه اقلیم را بیان می‌کنند. همچنین صبوحی و بارانی (۲۰۱۶) در بررسی ویژگی‌های اقلیمی رویشگاه‌های گونه گون کتیرایی (*Astragalus gossypinus* Fisher.) در استان اصفهان، عامل اقلیمی دمای سرمایشی-رطوبتی را به‌عنوان مؤثرترین عامل بر حضور این گونه ذکر کردند.

خطیبی و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تأثیر عوامل اقلیمی بر گسترش گونه *Taverniera glabra* در ایران دریافتند که در مناطقی که این گونه به‌صورت غالب رشد می‌کند، عوامل اقلیمی دما، رطوبت نسبی، متوسط سرعت باد و تندر از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش آن می‌باشند. نتایج پژوهش ایشان همچنین نشان داد که علاوه بر عوامل اقلیمی، متغیرهای مربوط به خاک خصوصاً شوری نیز بر استقرار تیپ‌های گیاهی در مناطق پراکنش مؤثر است. همچنین خداقلی و همکاران (۲۰۱۹) اظهار داشتند که تأثیر عامل دمای گرمایشی با میانگین ۰/۸۳- در پراکنش گونه *Nepeta cataria* با بالاترین میزان و با تأثیر منفی است.

خانواده پروانه‌آساها (Fabaceae) شامل تنوع غنی گیاهان است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک پراکنده شده‌اند و به حاصلخیزی زمین و تولیدات صنعتی کمک شایانی می‌کنند. وجود گیاهانی نظیر گون در مراتع می‌تواند نقش مهمی در حفاظت از تنوع زیستی گیاهان مرتعی را برعهده داشته باشد و سبب می‌شود حداقل شتاب تغییری اقلیم در مناطق مختلف اتفاق بیفتد (۱۲). به گفته یزدانشناس و همکاران (۲۰۱۵)، جنس گون (*Astragalus*) یکی از مهم‌ترین جنس‌های خانواده Fabaceae است که در جهان، عمدتاً در خاورنزدیک و خاورمیانه پراکنش دارد. استان کرمان نیز با حدود ۹ میلیون هکتار مراتع مشجر و غیرمشجر و جنگل‌های مخروبه کویری در تولید علوفه، از جهت صنعتی و دارویی از اهمیت بالایی برخوردار است (۱۴). این مراتع بعضاً شدیداً تحت تخریب قرار دارند (۱۲). گون‌ها گیاهانی یک یا چند ساله و دارای فرم‌های رویشی متنوعی از علفی تا درختچه‌ای را شامل می‌شوند. این جنس به‌عنوان بزرگترین گیاهان آوندی، شامل حدود ۳۴۰۰ گونه است که در ایران حدود ۸۰۴ گونه حضور دارند که ۵۲۷ گونه از آن‌ها اندمیک ایران هستند (۱۰ و ۲۱). گون‌ها به‌دلیل تولید کتیرا، در شمار گیاهان صنعتی و دارویی محسوب می‌شوند.

این تحقیق با هدف شناسایی عوامل اقلیمی مؤثر بر پراکنش و گسترش گون‌زارهای استان کرمان و تهیه نقشه پهنه‌بندی اقلیمی منطقه با روش‌های آماری چندمتغیره انجام شد. شناخت این عوامل در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و احیای مراتع منطقه حیاتی است. در این مطالعه، ابتدا با روش‌های آماری چندمتغیره پهنه‌بندی اقلیمی دقیقی از استان کرمان تهیه شد. سپس نقشه مکانی تیپ‌های گیاهی حاوی گونه‌های گون در استان کرمان به‌طور دقیق مشخص و با نقشه پهنه‌های اقلیمی تلفیق گردید تا اقلیم رویشی مؤثر بر هر تیپ گیاهی تعیین شود.

مواد و روش‌ها

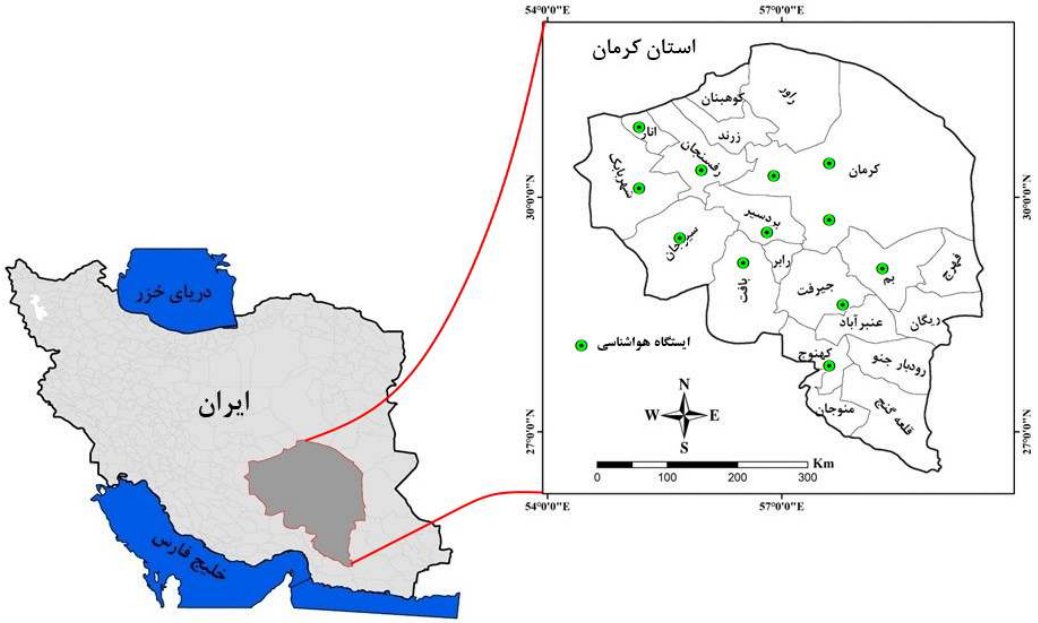
منطقه مورد مطالعه

استان کرمان با مساحت ۱۸۰۷۲۶ کیلومتر مربع در جنوب شرقی ایران واقع شده است. این استان از نظر جغرافیایی بین طول جغرافیایی ′۲۶ °۵۳ الی ′۲۹ °۵۹

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

شرقی و عرض جغرافیایی ′۵۵ °۲۵ الی ′۰۰ °۳۲ شمالی قرار دارد. استان کرمان از نظر وسعت دومین استان کشور بوده و از شمال به استان‌های یزد و خراسان جنوبی، از جنوب به استان هرمزگان، از شرق به استان سیستان و بلوچستان و از غرب به استان فارس محدود می‌شود (۵) (شکل ۱). بر اساس آمار اقلیمی ۱۸ ساله ایستگاه سینوپتیک کرمان، میانگین دمای سالانه استان ۱۵ درجه سانتی‌گراد است، به‌طوری‌که میانگین حداکثر دمای سالانه ۷/۲۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل آن ۷/۶ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است؛ گرم‌ترین ماه سال تیرماه و سردترین ماه دی‌ماه است. میزان تبخیر سالانه در سطح استان بین ۱۵۰۰ تا ۴۵۰۰ میلی‌متر در نوسان است که بیشینه آن مربوط به حاشیه کویر لوت (دشت‌های شهداد، بم و نرماشیر) است (۱).



شکل ۱: موقعیت استان کرمان در ایران

روش کار

داده های اقلیمی

در این تحقیق، با استفاده از اطلاعات سازمان هواشناسی کشور، ۸۶ متغیر اقلیمی که از نظر اقلیم رویشی بر رشد و پراکنش گون‌زارهای استان از اهمیت بیشتری برخوردار بودند، انتخاب شدند. انتخاب این متغیرها بر پایه سه معیار اصلی صورت گرفت: نخست، با انجام بازدیدهای میدانی در سال پژوهش و کنترل مجدد در اردیبهشت ماه ۱۴۰۴، شناخت کاملی از پوشش گیاهی غالب و ویژگی‌های اقلیمی منطقه به‌دست آمد؛ دوم، از میان پارامترهای اقلیمی موجود، تنها متغیرها و ماه‌هایی انتخاب شدند که بیشترین تأثیر را بر رویش گونه‌های گون داشته و ماه‌هایی که موجب ایجاد اختلال در پهنه‌بندی اقلیمی می‌شدند از تحلیل حذف گردیدند؛ سوم، همبستگی هر یک از پارامترهای اقلیمی با پوشش گیاهی غالب منطقه برای دوازده ماه سال به‌طور جداگانه محاسبه و متغیرهای دارای بیشترین همبستگی انتخاب شدند، زیرا یکی از پیش‌نیازهای اصلی تحلیل عاملی، همبستگی بالای متغیرهای ورودی با یکدیگر است (۳ و ۲۴). داده‌ها از ۱۴ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان در دوره آماری ۲۵ ساله (۱۹۹۰-۲۰۱۵) استخراج گردید. داده‌های اقلیمی خام (ماهانه و سالانه) از سازمان هواشناسی کشور برای ۱۴ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان کرمان اخذ شد (شکل ۱). پیش از انجام تحلیل‌های آماری، صحت و دقت داده‌های هر پارامتر با رسم نمودار جعبه‌ای (Box Plot) در نرم‌افزار SPSS ارزیابی و داده‌های پرت

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

شناسایی و اصلاح شد؛ نرمال بودن توزیع داده‌ها نیز با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف بررسی گردید (۲۴).

برای تعیین مناسب‌ترین فاصله بین نقاط شبکه، ابتدا تحلیل واریوگرام با استفاده از متغیر بارندگی (به‌عنوان متغیرترین پارامتر) انجام شد؛ در این تحلیل، مدل نمایی (Exponential) به‌عنوان مناسب‌ترین مدل واریوگرام برازش‌شده بر داده‌های بارش انتخاب و برای تعیین اندازه بهینه شبکه به کار گرفته شد (۵). اندازه‌ی بهینه‌ی شبکه (۱۵×۱۵ کیلومتر) به‌صورت تجربی تعیین شد؛ بدین‌ترتیب که داده‌های بارش سالانه با اندازه‌های مختلف شبکه‌ی سلولی درون‌یابی و روند تغییرات میانگین محاسبه شد و اندازه‌ای که میانگین‌ها در آن به ثبات رسید، به‌عنوان مناسب‌ترین اندازه انتخاب و با موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه اعتبارسنجی گردید (۵). این شبکه صرفاً برای درون‌یابی متغیرهای پیوسته‌ی اقلیمی به‌کار رفت و تفکیک نهایی تیپ‌های گیاهی گون، بر پایه‌ی هم‌پوشانی با نقشه پوشش گیاهی با تفکیک اصلی خود انجام شد. بر این اساس، سطح استان در قالب شبکه‌ای با تراکم یک نقطه در هر ۲۲۵ کیلومتر مربع (۱۵×۱۵ کیلومتر) در نظر گرفته شد. برای درون‌یابی متغیرهای اقلیمی در این شبکه، روش کریجینگ (Kriging) به‌کار گرفته شد و در نهایت متغیرهای اقلیمی در ۷۵۴ نقطه پوشش‌دهنده کل استان برآورد گردید.

درون‌یابی

انتخاب مناسب ترین روش درون‌یابی

از فاکتورهای مهم در انتخاب روش درون‌یابی، دقت آن است. جهت درون‌یابی داده‌های هواشناسی در منطقه مورد مطالعه، ابتدا سه روش کریجینگ (Kriging)، کوکریجینگ (Cokriging) و عکس فاصله وزنی (Inverse Distance Weighting) که مناسب‌ترین و پرکاربردترین روش‌ها در زمینه درون‌یابی داده‌های محیطی محسوب می‌شوند، انتخاب گردید. مقادیر برآوردی برای هر روش با مقادیر مشاهده شده در هر ایستگاه، با استفاده از روش مقایسه میانگین، مقدار ضریب همبستگی، انحراف معیار، انحراف از میانگین و مقدار ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) مورد ارزیابی قرار گرفت (۲۰).

در این تحقیق، روش کریجینگ به‌دلیل خطای کمتر و دقت بیشتر به‌عنوان مناسب‌ترین روش انتخاب شد. ملاک انتخاب این روش، مقدار RMSE بود؛ هرچه مقدار RMSE به صفر نزدیک‌تر باشد، بیانگر خطای کمتر و دقت بیشتر آن روش در درون‌یابی داده‌های هواشناسی است (۴). مقدار RMSE با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد.

پس از انتخاب روش کریجینگ به‌عنوان مناسب‌ترین روش درون‌یابی، با استفاده از نرم‌افزار Surfer 15، پارامترهای اقلیمی موجود در ۱۴ ایستگاه هواشناسی منتخب که به‌نحوی با اقلیم منطقه در ارتباط بودند، به کل سطح استان کرمان تعمیم داده شد. در نهایت، سطح استان به ۷۵۴ نقطه درون‌یابی گردید.

رابطه (۱):

$$RMES=\frac{1}{n}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(Z^{*}(x_i)-Z(x_i))^2}$$

Xi متغیر مورد نظر

$Z^{*}(Xi)$ مقدار برآورد شده در Xi

$Z(Xi)$ مقدار مشاهده شده در Xi

n تعداد نقاط با متغیر مشاهده‌ای

مناسب‌ترین پارامترها

برای تعیین مناسب‌ترین پارامترهای ورودی به تحلیل عاملی، لازم است پارامترهای انتخابی تا حد ممکن با یکدیگر همبستگی داشته باشند تا امکان طبقه‌بندی آن‌ها در قالب یک عامل مشترک فراهم شود. بر همین اساس، همبستگی میان پارامترهای اقلیمی (شامل دما، بارش، رطوبت نسبی و سرعت باد) برای هر یک از دوازده ماه سال به‌طور جداگانه با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 محاسبه شد و در هر ماه، پارامترهایی که بیشترین همبستگی متقابل را با یکدیگر نشان دادند، به‌عنوان متغیرهای مناسب و تأثیرگذار برای ورود به تحلیل عاملی انتخاب گردیدند.

تحلیل عاملی

تجزیه عامل‌ها یا تحلیل عاملی برای شناسایی تأثیرگذارترین متغیرها در شرایطی به‌کار گرفته می‌شود که تعداد متغیرهای اولیه مورد بررسی زیاد بوده و روابط بین آن‌ها ناشناخته باشد. از آنجا که پژوهش‌های منابع طبیعی عمدتاً در عرصه‌های مراتع و جنگل‌ها انجام می‌شود و شرایط

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

محیطی تحت کنترل پژوهشگر نیست، معمولاً با تعداد زیادی از متغیرها روبرو هستیم. در چنین شرایطی، برای کاهش حجم داده‌ها و استخراج عوامل اصلی مؤثر، می‌توان از تحلیل عاملی به‌عنوان یک روش مناسب استفاده نمود (۴). این روش در دهه‌های اخیر با گسترش استفاده از نرم‌افزارهای آماری کامپیوتری، مورد توجه ویژه پژوهشگران قرار گرفته است. تحلیل عاملی قادر است تعداد زیادی متغیر را به چند عامل اصلی کاهش داده و هم‌زمان حدود ۹۰ درصد واریانس کل داده‌ها را حفظ نماید (۲۴).

استخراج عامل‌ها

اساسی‌ترین روش استخراج عامل‌ها، استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (Principal Component Analysis) است. پارامترهای منتخب شده مؤثر بر رشد و نمو گون‌زارهای استان کرمان، پس از درون‌یابی با روش کریجینگ، به‌عنوان اطلاعات ورودی برای تحلیل عاملی در نظر گرفته شدند. در این مطالعه، پس از استخراج عامل‌ها با روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، آنالیز چرخش عاملی با روش Varimax بر روی داده‌ها اعمال گردید. بر اساس درصد واریانس هر عامل، نمودار اسکری‌گراف و همچنین اهداف پژوهش، مهم‌ترین و مؤثرترین عامل‌ها و تعداد آن‌ها انتخاب شدند (۱۵، ۱۶).

جهت شناسایی مهم‌ترین عامل‌ها از نرم‌افزار SPSS 20 استفاده شد. پس از تعیین تعداد عامل‌های مهم و مؤثر بر پراکنش گون‌زارهای استان کرمان، برای تعیین تعداد پهنه‌های اقلیمی مناسب در این استان، از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی با روش واردز (Ward's method) استفاده گردید. در این پژوهش، عامل‌های استخراج شده در ۷۵۴ نقطه درون‌یابی شده، با استفاده از نرم‌افزار SPSS در گروه‌های مجزا قرار گرفتند. این روش به دلیل حفظ حداکثر واریانس درون گروه‌ها و حداقل واریانس بین گروه‌ها، مناسب‌ترین روش برای تفکیک مناطق همگن اقلیمی در نظر گرفته شد (۱۱).

نامگذاری پهنه‌های اقلیمی استان کرمان با روشهای آماری چندمتغیره

در این تحقیق، برای نام‌گذاری پهنه‌های اقلیمی استخراج شده، از ماتریس امتیازات عاملی استفاده گردید. برای هر پهنه، عاملی که بیشترین مقدار مطلق امتیاز را داشت، به‌عنوان عامل تعیین‌کننده در نظر گرفته شد. امتیازات عاملی نشان‌دهنده میزان تأثیر هر عامل اقلیمی در هر پهنه بوده و به شناسایی ویژگی‌های برجسته اقلیمی در هر منطقه کمک شایانی می‌نماید. محدوده هر کدام از پهنه‌های اقلیمی با استفاده از نرم‌افزارهای Surfer 15 و ArcGIS 10.5 ترسیم و مشخص گردید. همچنین جهت اعتبارسنجی نتایج، استان کرمان بر اساس دو روش دِمارتن اصلاح‌شده (De Martonne modified) و گُوسِن (Goossens) نیز پهنه‌بندی شد. مقایسه نتایج حاصل از روش آماری چندمتغیره با این دو روش کلاسیک، کارایی و دقت بیشتر روش اول را در تعیین پهنه‌های اقلیمی همگن نشان داد. این رویکرد چندمتغیره قادر است پیچیدگی‌های اقلیمی منطقه را با در نظر گرفتن تعاملات بین تمام عوامل مؤثر، به‌صورت کامل‌تری نمایش دهد.

تعیین مناطق پراکنش گونه‌های *Astragalus* در استان کرمان

جهت تعیین مناطق پراکنش گونه‌های گیاهی منتخب در استان کرمان، ابتدا با استفاده از نقشه پوشش گیاهی استان کرمان، مناطق پراکنش گونه‌های *Astragalus* به صورت جداگانه مشخص و از سایر گونه‌های گیاهی تفکیک گردید. سپس این نقشه با نقشه پهنه‌بندی اقلیمی حاصل از روش‌های آماری چندمتغیره در استان کرمان تلفیق شد. این فرآیند تلفیق نقشه‌ها به‌طور دقیق نشان داد که هر کدام از تیپ‌های گیاهی دربردارنده جنس و گونه‌های مختلف گون‌زار در کدام پهنه‌های اقلیمی قرار می‌گیرند (شکل ۱۱).

در مرحله بعد، برای تعیین تأثیر عوامل اقلیمی مؤثر بر گسترش تیپ‌های گیاهی گون‌زار، امتیازات عاملی مربوط به مهم‌ترین عوامل اقلیمی استخراج شد. همچنین مقادیر پارامترهای اولیه و مؤثر که در محدوده پراکنش این گونه‌ها قرار داشتند، استخراج و میانگین حسابی آن‌ها محاسبه گردید. این مقادیر در قالب جداول و نمودارهای مقایسه‌ای ارائه شده و با روش‌های آماری تحلیل شدند (جدول ۵ و ۶). این روش‌شناسی با روش‌های مورد استفاده در پژوهش‌های مشابه خطیبی و همکاران (۲۰۱۶)، خداقلی و همکاران (۲۰۱۷) همخوانی داشته و قابلیت تعمیم‌پذیری دارد.

نتایج

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

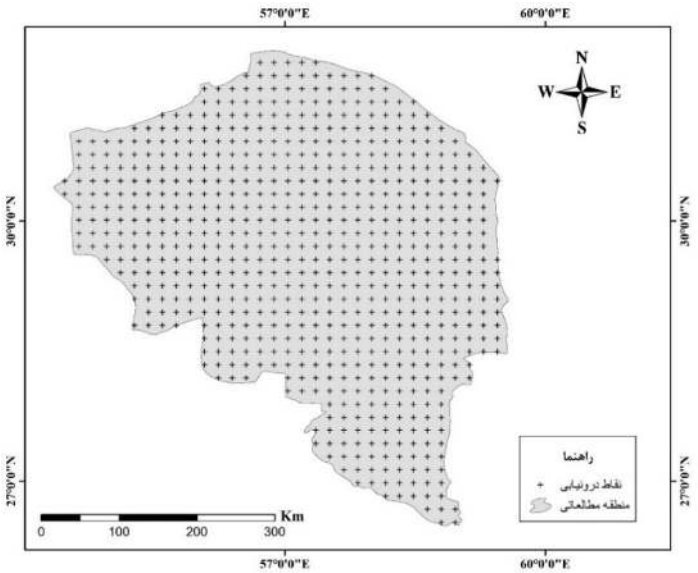
[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

ارزیابی روش‌های درون‌یابی

به‌منظور تعیین روش بهینه درون‌یابی داده‌های هواشناسی، سه روش کریجینگ، کوکریجینگ و عکس فاصله وزنی (IDW) مورد مقایسه قرار گرفتند. جدول (۱) نتایج مقایسه روش‌ها مبتنی بر شاخص ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، انحراف معیار و درجه آزادی را نمایش می‌دهد. نتایج نشان داد که روش کریجینگ با کمترین مقدار RMSE برابر با ۱/۶۱، عملکرد بهتری نسبت به روش‌های IDW (RMSE=2.03) و کوکریجینگ (RMSE=2.45) داشته است. همچنین، مقادیر p-value حاصل از آزمون مقایسه میانگین نشان داد که تفاوت بین مقادیر واقعی و محاسبه‌شده برای تمام روش‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبوده است ($p>0.05$). بنابراین، روش کریجینگ به‌عنوان بهترین روش درون‌یابی انتخاب شد. این روش به‌عنوان بهترین تخمین‌گر خطی ناریب، عاری از خطای سیستماتیک بوده و نتایج دقیق‌تری در تخمین داده‌های فضایی ارائه می‌دهد. بر اساس نتایج تحلیل واریوگرام برای متغیر بارش سالانه، اندازه مناسب شبکه ۱۵×۱۵ کیلومتر تعیین و کل سطح استان کرمان به ۷۵۴ نقطه درون‌یابی شد (شکل ۲). این تعداد نقاط، تراکم مناسبی برای شناسایی دقیق تغییرات مکانی عوامل اقلیمی در سطح استان را فراهم می‌آورد.

جدول ۱: مقادیر RMSE و نتایج حاصل از مقایسه میانگین

روش مقایسه	درجه آزادی	انحراف معیار	RMSE	RMSE ٪
PR & IDW	۶	۵/۳۱	۲/۰۳	۲۲/۵۵
PR & KRIGING	۶	۶/۳۷	۱/۶۱	۱۷/۸۹
PR & COKRIGING	۶	۴/۱۹	۲/۴۵	۲۷/۲۲



شکل ۲: نقاط درون‌یابی شده (۷۵۴ نقطه در ابعاد ۱۵×۱۵ کیلومتر) در استان کرمان با روش کریجینگ

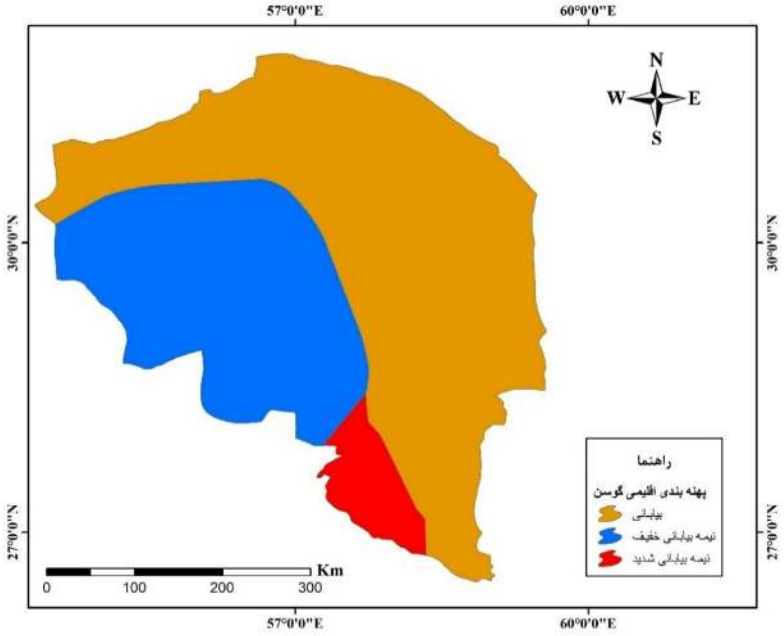
پهنه‌بندی اقلیمی با روش‌های کلاسیک

به‌منظور اعتبارسنجی نتایج حاصل از روش‌های آماری چندمتغیره، پهنه‌بندی اقلیمی استان کرمان با دو روش کلاسیک گوسن و دِمارتن اصلاح‌شده نیز انجام شد. بر اساس روش گوسن، استان کرمان به سه طبقه اقلیمی بیابانی، نیمه‌بیابانی خفیف و نیمه‌بیابانی شدید تقسیم‌بندی شد (شکل ۳). ضریب خشکی دِمارتن، که بر پایه نسبت بارندگی سالانه به حاصل‌جمع تبخیر-تعرق پتانسیل و میانگین دماها

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

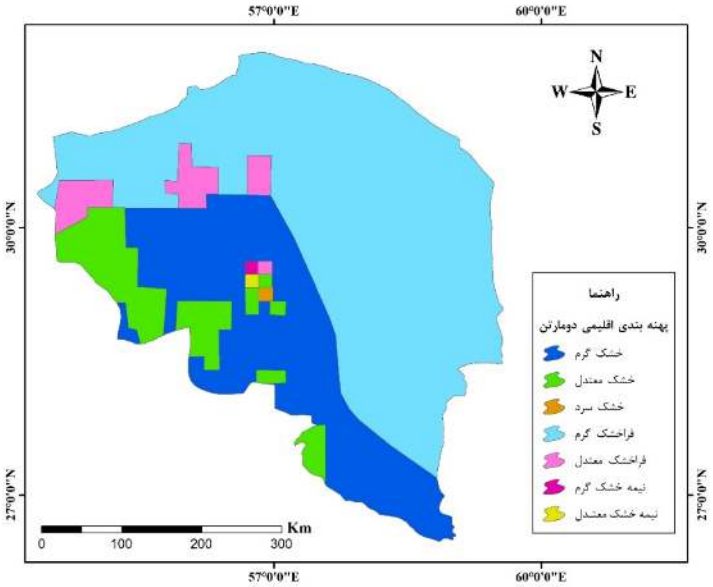
محاسبه می‌شود، استان کرمان را به هفت نوع اقلیم مختلف شامل بیابانی، نیمه‌بیابانی، نیمه‌خشک، نیمه‌مرطوب، مرطوب، خیلی مرطوب و بسیار مرطوب تقسیم کرد (شکل ۴). مقایسه نتایج این دو روش با روش‌های آماری چندمتغیره نشان داد که روش‌های چندمتغیره با در نظر گرفتن تعاملات بین تمام پارامترهای اقلیمی، پهنه‌بندی دقیق‌تر و جامع‌تری ارائه می‌دهند. مقایسه‌ی نتایج این سه روش به‌صورت توصیفی و پهنه‌به‌پهنه انجام شد: طبقه‌ی اقلیمی متناظر هر یک از هشت پهنه‌ی حاصل از روش چندمتغیره در طبقه‌بندی گوسن و دمارتن اصلاح‌شده تعیین و تطابق مفهومی آن‌ها بررسی گردید. نتایج نشان داد که روش‌های چندمتغیره، با ترکیب هم‌زمان چند پارامتر اقلیمی (دما، رطوبت، بارش فصلی، باد و گردوغبار) به‌جای یک یا دو پارامتر محدود (بارش و دما/تبخیر-تعرق) در گوسن و دمارتن، قادر به تفکیک پهنه‌های اقلیمی با جزئیات بیشتر و تمایز دقیق‌تری بین مناطق مشابه از نظر بارش یا دما اما متفاوت از نظر سایر عوامل (مانند باد و گردوغبار) هستند. این یافته با نتایج حیدری و علیجانی (۲۰۰۰) و خطیبی و همکاران (۲۰۱۶) که کارایی بیشتر روش‌های آماری چندمتغیره را نسبت به روش‌های سنتی تک‌شاخصه تأیید کرده‌اند، همخوانی دارد.



شکل ۳: پهنه بندی اقلیمی استان کرمان به روش گوسن

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]



شکل ۴: پهنه بندی اقلیمی استان کرمان به روش دمارتن اصلاح شده

تحلیل عاملی

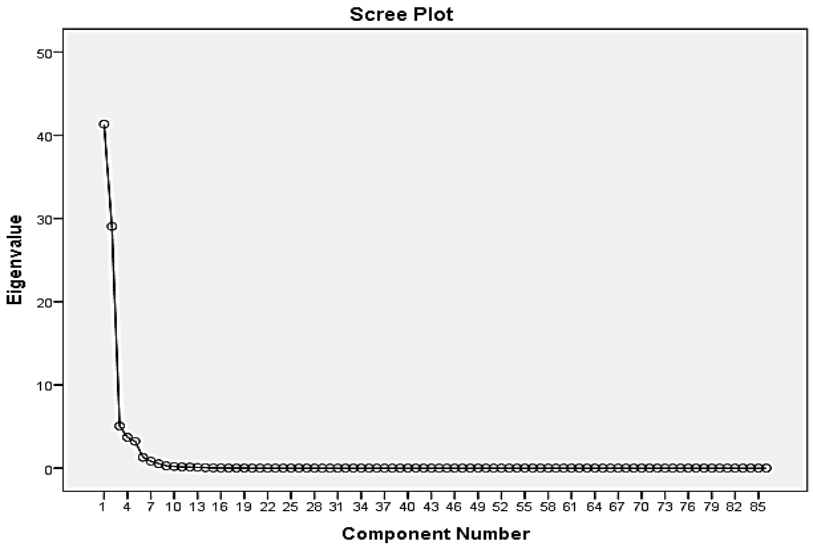
تحلیل عاملی با هدف کاهش همخطی و استخراج مؤلفه‌های اصلی مؤثر بر پراکنش گون‌زارها اجرا شد. نمودار Scree plot (شکل ۵) نقطه عطف را در فاکتور شماره شش نشان می‌دهد که بیشترین درصد واریانس را به خود اختصاص داده است. بر این اساس، شش عامل اصلی شامل عامل دما، عامل رطوبت نسبی و بارش فصول گرم، عامل بارندگی فصول پاییز، زمستان و بهار، عامل سرعت باد در اکتبر، عامل سرعت باد در آگوست و عامل گرد و غبار سالانه، از بین ۸۶ پارامتر اقلیمی به‌عنوان عوامل تعیین‌کننده اقلیم استان کرمان انتخاب شدند. این شش عامل در مجموع ۹۷/۲۸ درصد از کل واریانس داده‌ها را تبیین می‌کنند. جدول (۲) درصد واریانس تبیین‌شده توسط هر عامل را نشان می‌دهد. دو عامل اول (دما و رطوبت نسبی و بارش فصول گرم) بیشترین سهم را در واریانس کل (به‌ترتیب ۴۴/۴۸ و ۳۵/۵۶ درصد) داشته و در مجموع ۸۰/۰۴ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کنند. این یافته با نتایج پژوهش‌های خداقلی و همکاران (۲۰۱۹)، پاکزاد و همکاران (۲۰۱۳) و صبوحی و بارانی (۲۰۱۶) همخوانی دارد. این روش آماری چندمتغیره توانست با حفظ ۹۷/۲۸ درصد از واریانس کل داده‌ها، تعداد متغیرها را از ۸۶ پارامتر اقلیمی به تنها شش عامل اصلی کاهش دهد که نشان‌دهنده کارایی و اثربخشی این روش در تحلیل داده‌های پیچیده اقلیمی و شناسایی الگوهای اصلی مؤثر بر توزیع پوشش گیاهی است.

جدول ۲: درصد پراش اختصاص یافته به هر عامل

عامل‌ها	درصد پراش	پراش تجمعی	توصیف
۱	۴۴/۴۸۴	۴۴/۴۸۴	دما
۲	۳۵/۵۵۷	۸۰/۰۴۱	رطوبت نسبی + بارش فصل گرم
۳	۶/۲۹۱	۸۶/۳۳۲	بارش پاییز-زمستان-بهار
۴	۵/۰۳۶	۹۱/۳۶۹	سرعت باد اکتبر
۵	۳/۹۲۷	۹۵/۲۹۶	سرعت باد آگوست
۶	۱/۹۹۰	۹۷/۲۸۶	رخداد گردوغبار سالانه

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

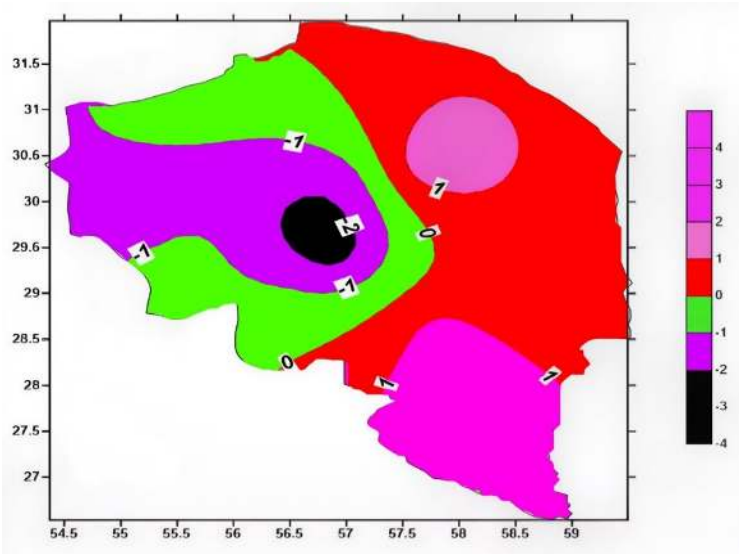


شکل ۵: نمودار Scree plot متغیرهای انتخاب شده بر اساس پوشش گیاهی منطقه

توصیف عوامل اصلی

نام‌گذاری عامل‌ها بر اساس ضریب همبستگی مثبت و منفی بیشتر از ۰/۷ بین پارامترهای اقلیمی و عامل مربوطه انجام گرفت. عامل‌ها به شرح زیر توصیف می‌شوند:

عامل دما: این عامل ۴۴/۴۸ درصد از کل واریانس را به خود اختصاص داده است. پارامترهای مؤثر در این عامل بیشتر مربوط به مؤلفه‌های دمایی بوده که رابطه مثبتی با این عامل دارند. توزیع مکانی این عامل نشان می‌دهد که مناطق غرب و مرکز استان کرمان مقادیر منفی برای این عامل داشته و سردسیرند. در مقابل، مناطق شرقی و جنوبی استان مقادیر مثبت داشته و گرمسیر محسوب می‌شوند. این توزیع مکانی با الگوی کلی ارتفاع و عرض جغرافیایی استان همخوانی دارد و نشان‌دهنده تأثیر محسوس مؤلفه‌های دمایی در تشکیل این عامل است (شکل ۶).

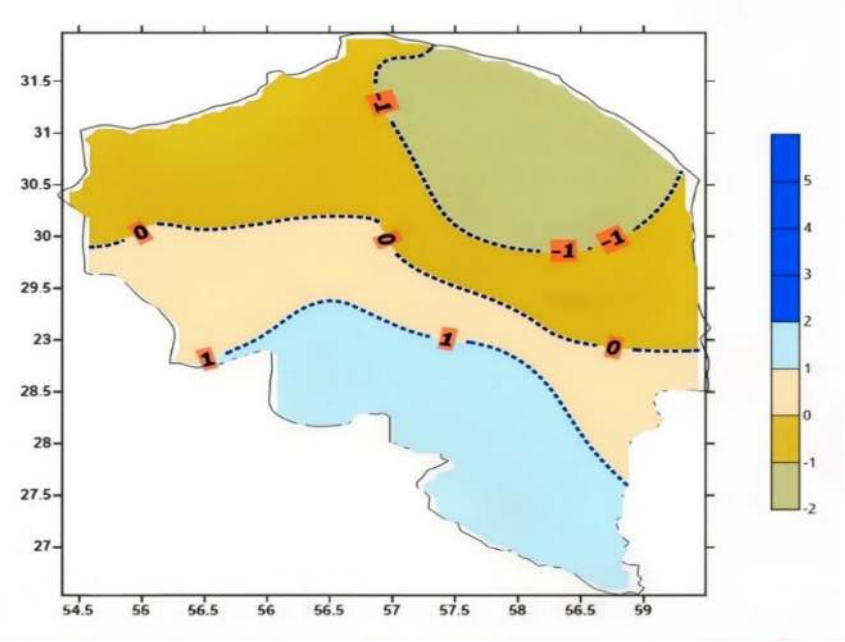


شکل ۶: نقشه توزیع مکانی عامل درجه حرارت در استان کرمان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

عامل رطوبت نسبی و بارندگی: عامل رطوبت نسبی و بارندگی، عامل مستقلی است که از ترکیب هم‌زمان متغیرهای رطوبت نسبی (میانگین، حداکثر و حداقل ماهانه و سالانه، با بار عاملی بین ۰/۷۶ تا ۰/۹۹) و بارش چند ماه سال (با بار عاملی بین ۰/۸۴ تا ۰/۹۵) حاصل شده است؛ همبستگی بالای این دو گروه متغیر در طول سال موجب شد در تحلیل عاملی در قالب یک عامل واحد (نه دو عامل جداگانه) طبقه‌بندی شوند و یک نقشه واحد از امتیاز عاملی آن‌ها ترسیم گردد (۳۵/۵۶ درصد از واریانس کل). این عامل ۳۵/۵۶ درصد از کل واریانس را تبیین می‌کند. بررسی توزیع مکانی این عامل نشان می‌دهد که مناطق شمالی استان کرمان کمترین مقدار این عامل را دارا هستند. با حرکت به سمت جنوب استان (نزدیک به خلیج فارس و دریای عمان)، مقادیر این عامل مثبت شده و افزایش می‌یابد. این توزیع مکانی نشان‌دهنده وجود رطوبت نسبی بالاتر و در نتیجه بارندگی بیشتر در فصول گرم سال در مناطق جنوبی استان است (شکل ۷). این یافته با نتایج مطالعات پاکزاد و همکاران (۲۰۱۳) و صبوحی و بارانی (۲۰۱۶) همخوانی داشته که تأکید بر نقش تعیین‌کننده رطوبت نسبی در پراکنش گونه‌های گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک را داشته‌اند. همچنین آقاجانلو و اکبرزاده (۲۰۲۵)، بیان داشتند که بارندگی سالیانه و فصل رشد تاثیر قابل توجهی بر رشد گیاهان مرتع و تولید آن‌ها دارند.

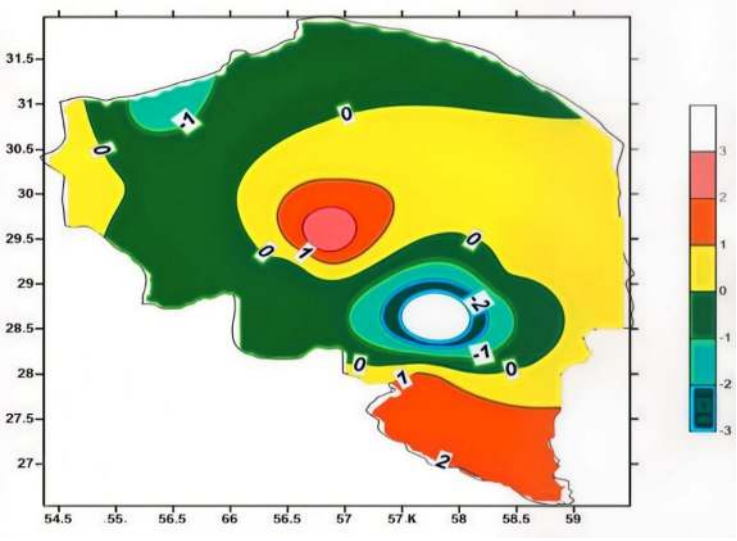


شکل ۷: نقشه توزیع مکانی عامل رطوبت نسبی و بارندگی در استان کرمان

عامل بارندگی فصول پاییز، زمستان و بهار: این عامل ۶/۲۹ درصد از کل واریانس را تبیین می‌کند. سه پارامتر اصلی موجود در این عامل که دارای ضریب همبستگی بیشتر از ۰/۷+ بودند، شامل بارندگی در فصل پاییز، بارندگی در فصل زمستان و بارندگی در فصل بهار بودند. بررسی الگوی توزیع مکانی این عامل نشان می‌دهد که در استان کرمان، مناطق جنوب‌شرقی کمترین مقدار این عامل را دارا هستند. در مقابل، مناطق جنوبی و مرکزی استان بیشترین بارندگی را در این فصول سال ثبت کرده‌اند. همچنین، مقدار این عامل در مناطق شرقی و بخشی از غرب استان مثبت و در سایر مناطق منفی است (شکل ۷). این توزیع فضایی با سایر مطالعات انجام شده در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران همخوانی دارد، به‌طوری‌که خداقلی و همکاران (۲۰۱۹) نیز در پژوهشی مشابه بر اهمیت بارش فصول سرد سال در توزیع گونه‌های گیاهی در این مناطق تأکید داشتند.

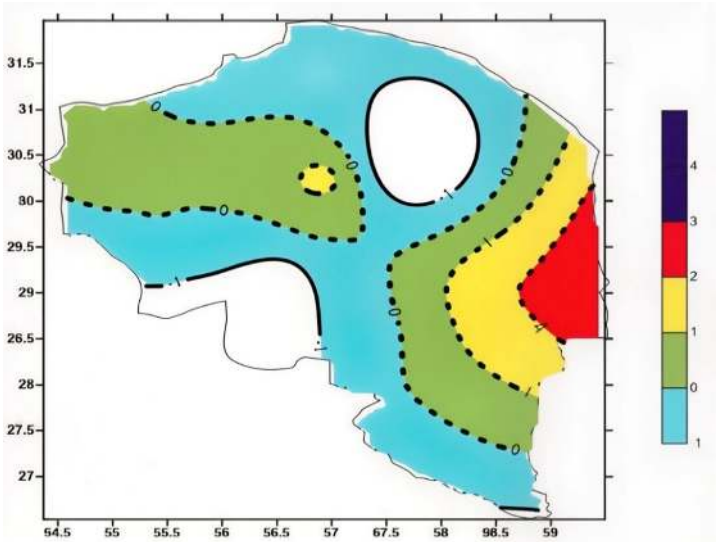
[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]



شکل ۸: توزیع مکانی عامل بارندگی فصول پاییز، زمستان و بهار در استان کرمان

عامل سرعت باد در فصول سرد سال: باد به‌عنوان یکی از عوامل انتقال رطوبت و عامل اصلی ورود توده‌های هوای باران‌زا به منطقه، نقش مهم و تأثیرگذاری در اقلیم منطقه دارد. همچنین به‌عنوان عامل انتقال بذر گیاهان در پراکنش گونه‌های گیاهی نیز عمل می‌کند (۱۵). این عامل ۵/۰۳ درصد از کل واریانس را تبیین می‌کند. بررسی این الگو نشان می‌دهد که بخش شرقی استان کرمان به دلیل هم‌مرزی با استان سیستان و بلوچستان و تحت تأثیر بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، بیشترین مقادیر این عامل را دارد. در مقابل، مناطق شمالی، جنوب غربی و بخش‌هایی از جنوب استان کمترین مقدار این عامل را به خود اختصاص داده‌اند. این توزیع فضایی با نتایج پژوهش پاکزاد و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه بر روی اثر عوامل اقلیمی بر پراکنش گونه‌های گیاهی همخوانی دارد. (شکل ۹).

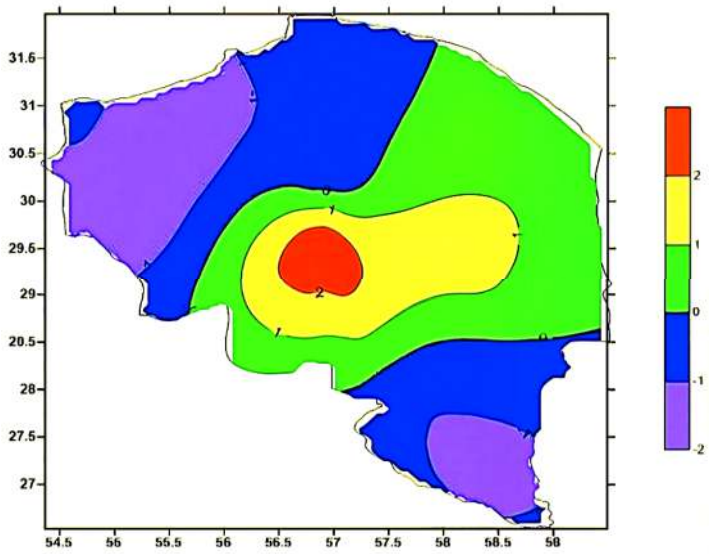


شکل ۹: توزیع مکانی عامل باد در فصول سرد سال در استان کرمان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

عامل سرعت باد در فصول گرم سال: این عامل ۳/۹۳ درصد از کل واریانس را تبیین می‌کند. بررسی الگوی مکانی این عامل نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر آن در بخش‌های مرکزی و شرقی استان کرمان مشاهده می‌شود. هرچه از این مناطق به سمت شمال و جنوب استان حرکت می‌کنیم، مقدار این عامل کاهش یافته و در مناطق شمالی و جنوبی استان به حداقل میزان خود می‌رسد (شکل ۱۰). بادها علاوه بر تأثیر بر تبخیر و تعرق گیاهان، نقش مهمی در انتقال گرده و بذور و در نتیجه پراکنش گونه‌های گیاهی ایفا می‌کنند (۱۸). یافته‌های این تحقیق با نتایج خطیبی و همکاران (۲۰۱۶) که بر تأثیر سرعت باد در فصول گرم بر پراکنش گونه‌های گیاهی در مناطق خشک تأکید داشتند، همسو می‌باشد. درک این الگوهای بادی برای برنامه‌ریزی و مدیریت تیپ‌های گیاهی گون‌زار در استان کرمان ضروری است.



شکل ۱۰: توزیع مکانی عامل باد در فصول گرم سال در استان کرمان

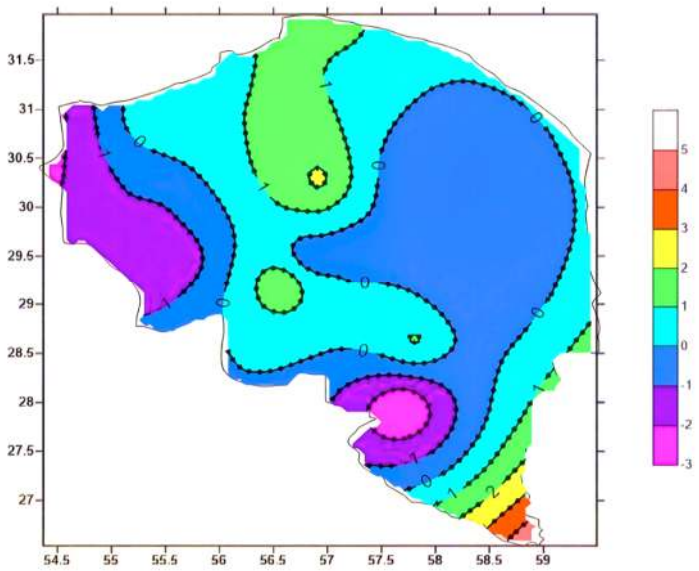
عامل گرد و غبار: این عامل ۱/۹۹ درصد از کل واریانس را تبیین می‌کند. بررسی الگوی مکانی این عامل نشان می‌دهد که بیشترین مقادیر آن در مناطق جنوبی استان کرمان مشاهده می‌شود. گرد و غبار نقش مهم و تأثیرگذاری در فرسایش خاک، الگوهای رسوب‌گذاری و در نهایت تأثیر بر ساختار و عملکرد پوشش گیاهی ایفا می‌کند (۱۸). این مناطق به دلیل نزدیکی به کویرهای بزرگ جنوبی و تحت تأثیر بادهای جنوبی و جنوب‌غربی قرار داشته و بیشترین مواجهه با پدیده گرد و غبار را دارند (شکل ۱۱). هرچه از این مناطق به سمت شمال و غرب استان حرکت می‌کنیم، میزان این عامل کاهش یافته و مناطق شمال غربی استان کمترین مقادیر را نشان می‌دهند. این توزیع فضایی با نتایج مطالعات موسائو و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی دارد که بر تأثیر پدیده‌های گردوغبار در تغییرات پوشش گیاهی در مناطق خشک تأکید داشتند. تأثیر گردوغبار بر پوشش گیاهی دوگانه است؛ از یک سو با افزایش ریزگردها و کاهش نور دریافتی توسط گیاهان، فتوسنتز را محدود کرده و از سوی دیگر با انتقال مواد مغذی از مناطق دیگر می‌تواند باعث افزایش حاصلخیزی خاک شود (۸).

از آنجا که این متغیر (تعداد روزهای غبارآلود سالانه) بخشی از پارامترهای رسمی ثبت‌شده در ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی سازمان هواشناسی کشور است و مستقیماً از ترکیب رژیم باد و شرایط خشکی منطقه ناشی می‌شود، در این پژوهش به‌عنوان یک عامل اقلیمی در نظر گرفته شد. از نظر بوم‌شناختی، این عامل نقش مهمی در شکل‌گیری تیپ‌های گیاهی گون داشت: تیپ

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

Stipagrostis sp.–Astragalus sp. که در پهنه‌ی خشک گرم و غباری استقرار دارد، بالاترین امتیاز عاملی گردوغبار (۱/۰۵+) و میانگین ۲۲/۶۶ روز غبارآلود در سال را نشان داد، که بیانگر سازگاری این تیپ با تنش مزمن گردوغبار و پتانسیل آن به‌عنوان گزینه‌ی اولویت‌دار در طرح‌های احیای مناطق پرغبار استان است.



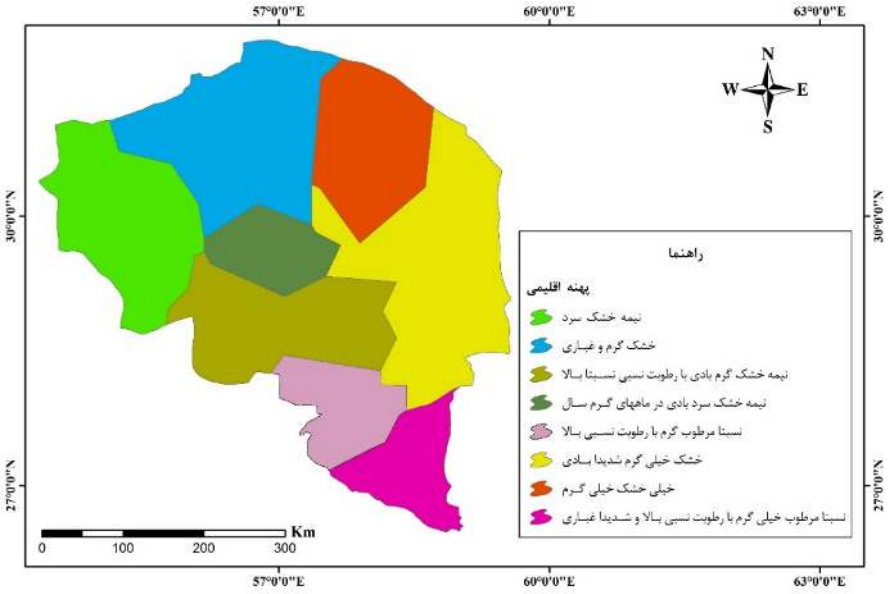
شکل ۱۱: توزیع مکانی عامل گرد و غبار در استان کرمان

پهنه‌های اقلیمی رویشی استان کرمان و ویژگی‌های آن

برای تعیین مناسب‌ترین روش خوشه‌بندی، نقشه‌های حاصل از روش‌های مختلف با نقشه توپوگرافی و پوشش غالب منطقه مقایسه گردید. نتایج نشان داد که روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی با روش واردز مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی داده‌های استان کرمان است. این روش به دلیل حفظ حداکثر واریانس درون خوشه‌ها و حداقل واریانس بین خوشه‌ها، توانسته بیشترین تطابق را با پوشش غالب منطقه و توپوگرافی استان کرمان نشان دهد. ورودی تحلیل خوشه‌ای، ماتریس امتیازات عاملی با ابعاد ۷۵۴×۶ بود که نشان‌دهنده مقادیر شش عامل اصلی در ۷۵۴ نقطه درون‌یابی‌شده است. با توجه به اینکه دو عامل اول (دما و رطوبت نسبی و بارندگی فصول گرم) بیشترین سهم را در واریانس کل (۸۰/۰۴ درصد) داشتند، در نام‌گذاری پهنه‌ها عمدتاً از این دو عامل استفاده شد. بر اساس تحلیل خوشه‌ای و نمودار دندروگرام، تعداد مناسب گروه‌ها برای استان کرمان هشت گروه تعیین گردید. این تقسیم‌بندی، استان را به هشت پهنه اقلیمی رویشی شامل: ۱) نیمه‌خشک سرد، ۲) خشک گرم و غباری، ۳) نیمه‌خشک گرم بادی با رطوبت نسبی نسبتاً بالا، ۴) نیمه‌خشک سرد بادی در ماه‌های گرم سال، ۵) نسبتاً مرطوب گرم با رطوبت نسبی بالا، ۶) خشک خیلی گرم شدیداً بادی، ۷) خیلی خشک خیلی گرم، و ۸) نسبتاً مرطوب خیلی گرم با رطوبت نسبی بالا و شدیداً غباری، تقسیم کرد. نام‌گذاری پهنه‌های اقلیمی بر پایه‌ی الگوی دو عامل غالب (دما، و رطوبت نسبی همراه با بارش فصل گرم) صورت گرفت که رویکردی متداول در مطالعات پهنه‌بندی اقلیمی مبتنی بر تحلیل خوشه‌ای/چندمتغیره است (۲۲ و ۷).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]



شکل ۱۲: نقشه پهنه‌بندی اقلیمی استان کرمان با روش تحلیل خوشه‌ای واردز

نتایج جدول (۳ و ۴) نقش کلیدی در توصیف ویژگی‌های هر پهنه اقلیمی دارند. جدول (۳) امتیازات عامل‌های اصلی اقلیمی (مانند دما، رطوبت، باد و گرد و غبار) را که هر پهنه را از دیگر پهنه‌ها متمایز می‌کند، نمایش می‌دهد. این امتیازات که از تحلیل عاملی استخراج شده‌اند، الگوی غالب اقلیمی هر پهنه را مشخص می‌سازند. جدول (۴) نیز مقادیر واقعی پارامترهای اقلیمی اولیه (مانند متوسط دما، بارش سالانه، سرعت باد، رطوبت نسبی و تعداد روزهای گردوغبار) را در هر پهنه ارائه می‌دهد. این دو جدول در کنار هم، تصویر جامعی از شرایط اقلیمی هر پهنه رویشی ایجاد می‌کنند و به درک بهتر الگوی پراکنش تیپ‌های گیاهی مختلف در استان کمک شایانی می‌نمایند.

جدول۳: مقادیر عامل‌های مهم اقلیمی شکل دهنده هشت پهنه اقلیمی در استان کرمان

نام پهنه اقلیمی	درجه حرارت	رطوبت نسبی و بارندگی	بارندگی فصول پاییز، زمستان و باد در فصول سرد		باد در فصول گرم	عامل گرد و غبار
			بهار	سال	سال	
نیمه خشک سرد	-۱/۱۲	۰/۰۲	-۰/۲۲	-۰/۰۷	-۱/۱۳	-۱/۰۹
خشک گرم و غباری	-۰/۵۲	-۰/۶۸	-۰/۳۶	-۰/۱	-۰/۷۵	۰/۹۸
نیمه خشک گرم بادی با رطوبت نسبی نسبتا بالا	-۰/۱۶	۱/۲۳	-۱/۱۷	-۰/۵۸	۱/۰۲	۰/۲۶
نیمه خشک سرد بادی در ماههای گرم سال	-۱/۸	۰/۳۳	۱/۳۵	-۰/۰۷	۱/۵۸	۰/۲۱
نسبتا مرطوب گرم با رطوبت نسبی بالا	۱/۱۴	۱/۴۵	۰/۶۸	-۰/۲۵	-۰/۵۳	-۱/۴۳
خشک خیلی گرم شدیدا بادی	۰/۵۱	-۰/۳۳	۰/۱۱	۱/۲۶	۰/۶	-۰/۱۶
خیلی خشک خیلی گرم	۰/۹۵	-۱/۴۴	۰/۰۷	-۱/۱۵	۰/۳۹	-۰/۲۱
نسبتا مرطوب خیلی گرم با رطوبت نسبی بالا و شدیدا غباری	۱/۳	۱/۲۵	۱/۵۵	-۰/۲۲	-۱/۰۴	۱/۴۱

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

جدول ۴: امتیازات عاملی و پارامترهای اولیه در پهنه‌های اقلیمی استان کرمان

نام متغیر نام پهنه اقلیمی	تعداد روزهای همراه با غبار سالیانه	متوسط سرعت باد سالیانه (m/s)	متوسط بارندگی سالیانه	متوسط رطوبت نسبی سالیانه	متوسط درجه حرارت سالیانه	بارش پاییزه	بارش تابستانه	بارش بهاره	بارش زمستانه
نیمه خشک سرد	۱۴/۸۲	۵/۴۴	۱۳۱/۳۹	۳۲/۶۳	۱۶/۶۹	۳۲/۹۴	۲/۱۳	۱۸/۹۹	۷۷/۳۳
خشک گرم و غباری	۲۲/۶۶	۵/۱۷	۹۲/۶۳	۲۸/۴۱	۱۹/۲۹	۱۹/۰۲	۰/۹	۱۷/۲۳	۵۵/۴۸
نیمه خشک گرم بادی با رطوبت نسبی نسبتا بالا	۱۲/۶۳	۴/۹۶	۱۹۷/۴۹	۳۸/۳۱	۱۹/۸۹	۴۳/۳۲	۹/۰۲	۲۰/۲۶	۱۲۴/۸۹
نیمه خشک سرد بادی در ماههای گرم سال	۱۰/۲۱	۶/۶۷	۱۷۹/۵۱	۳۱/۹۸	۱۴/۳۱	۳۷/۸۸	۸/۴۵	۲۷/۷۶	۱۰۵/۴۲
نسبتا مرطوب گرم با رطوبت نسبی بالا	۲۲/۵۸	۵/۹۵	۲۰۴/۴	۳۹/۲۴	۲۵/۸	۴۵/۷۹	۱۲/۵۱	۱۴/۸	۱۳۱/۳۱
خشک خیلی گرم شدیدا بادی	۳۶/۵۸	۵/۷۶	۷۳/۴۲	۲۹/۵	۲۳/۶۸	۱۲/۳۴	۲/۴۵	۱۲/۸۵	۴۵/۷۹
خیلی خشک خیلی گرم	۲۴/۵۴	۵/۲۹	۴۳/۷۹	۲۳/۶۴	۲۴/۷۵	۶/۸۹	-۰/۳۳	۶/۵۳	۳۰/۷۱
نسبتا مرطوب خیلی گرم با رطوبت نسبی بالا و شدیدا غباری	۲۷/۸۴	۶/۱۷	۱۹۸/۲۲	۳۶/۲	۲۶/۹۸	۴۱/۵۸	۱۲/۹۹	۲۴/۲۲	۱۱۹/۴۳

این پهنه‌بندی اقلیمی با دقت بالا قادر است پیچیدگی‌های اقلیمی منطقه را با در نظر گرفتن تعاملات بین تمام عوامل مؤثر، به‌صورت کامل نمایش دهد. چنین تقسیم‌بندی‌ای امکان مطالعه روابط بین توزیع گونه‌های گیاهی و پارامترهای اقلیمی را در سطح پهنه‌ها تسهیل کرده و زمینه را برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و حفاظتی دقیق‌تر فراهم می‌آورد (۸).

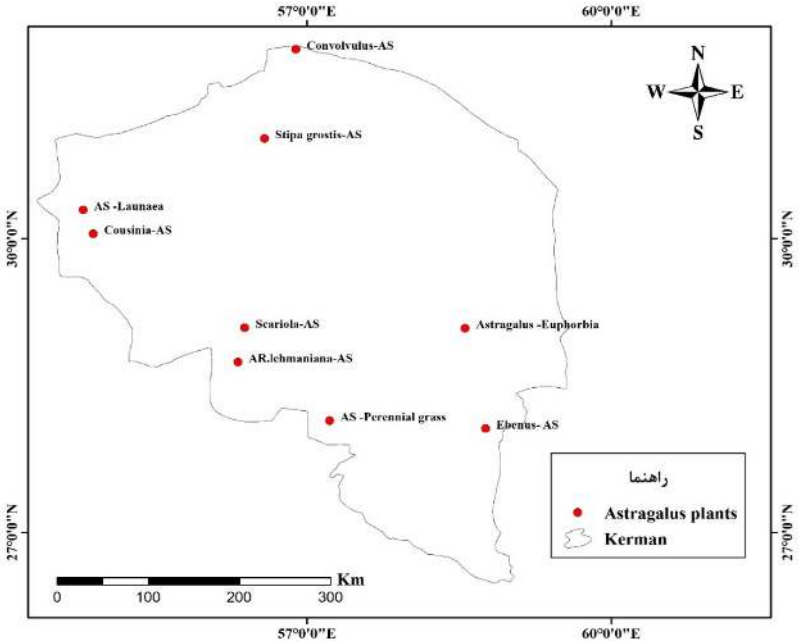
توزیع تیپ‌های گیاهی گون‌زار و ارتباط آن با پهنه‌های اقلیمی

پس از تعیین پهنه‌های اقلیمی، نقشه پوشش گیاهی استان برای استخراج تیپ‌های مختلف حاوی گونه‌های *Astragalus* با نقشه پهنه‌بندی اقلیمی تلفیق شد (شکل ۱۳ و ۱۴). تلفیق این دو نقشه به‌طور دقیق نشان داد که هر کدام از تیپ‌های گیاهی دربردارنده جنس و گونه‌های مختلف گون در کدام پهنه‌های اقلیمی قرار می‌گیرند. برای تعیین تأثیر عوامل اقلیمی مؤثر بر گسترش تیپ‌های گیاهی گون، امتیازات عاملی مربوط به مهم‌ترین عوامل اقلیمی استخراج شد. همچنین، مقادیر پارامترهای اولیه و مؤثر که در محدوده پراکنش این گونه‌ها قرار داشتند، استخراج و میانگین حسابی آن‌ها محاسبه گردید.

جدول (۵ و ۶) در بخش تحلیل توزیع تیپ‌های گیاهی گون، اطلاعات کلیدی در مورد رابطه بین گونه‌های *Astragalus* و عوامل اقلیمی مؤثر بر پراکنش آن‌ها ارائه می‌دهند. جدول ۵ متوسط امتیازات عامل‌های اقلیمی استخراج‌شده از تحلیل چندمتغیره را برای هر تیپ گیاهی نمایش می‌دهد و نشان می‌دهد که هر گونه گیاهی چگونه با الگوهای اقلیمی اصلی (مانند دما، رطوبت و بارش فصول مختلف، باد و گرد و غبار) همبستگی دارد. جدول ۶ نیز مقادیر واقعی پارامترهای اقلیمی سالانه (مانند دما، بارش، رطوبت نسبی و سرعت باد) را در مناطق پراکنش هر تیپ گیاهی گزارش می‌کند. این دو جدول در کنار هم، تصویری دقیق و کمّی از نیازهای اقلیمی هر تیپ گیاهی ارائه داده و امکان مقایسه حساسیت گونه‌های مختلف به شرایط محیطی را فراهم می‌آورند.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

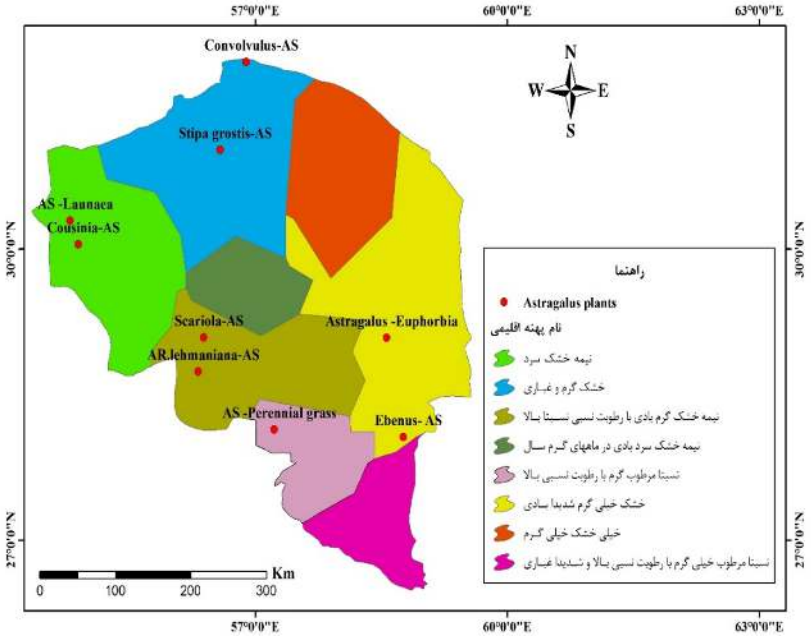


شکل ۱۳: پراکنش تیپ های گیاهی *Astragalus* در استان کرمان

لازم به ذکر است که تیپ‌های گیاهی نمایش‌داده‌شده در شکل (۱۳) بر اساس قرارداد نام‌گذاری رایج تیپ‌های مرتعی (تاکسون اول: گونه غالب؛ تاکسون دوم: گونه همراه) از نقشه پوشش گیاهی استان استخراج شده‌اند و هر یک نمایانگر یک پهنه‌ی گسترده (از ۱۹۰۰ تا بیش از ۲۸۰۰۰ هکتار) است، نه یک نقطه‌ی نمونه‌برداری منفرد؛ نشانگرهای روی نقشه صرفاً برای برچسب‌گذاری این پهنه‌ها به‌کار رفته‌اند. تحلیل اقلیمی هر تیپ از هم‌پوشانی این نقشه سراسری با نقشه پهنه‌بندی اقلیمی حاصل از ۷۵۴ نقطه درون‌یابی‌شده در کل استان انجام شد. با این حال، از آنجا که نقشه پایه‌ی پوشش گیاهی، گون را تنها در سطح جنس (*Astragalus sp*) ثبت کرده، تفکیک اکولوژیک گونه‌های مختلف گون و نیز حضور احتمالی آن‌ها با درصد پوشش کمتر در سایر تیپ‌های گیاهی استان، خارج از دامنه‌ی این پژوهش بوده و به‌عنوان محدودیت مطالعه و زمینه‌ی پژوهش‌های فلوریستیک آتی پیشنهاد می‌شود.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]



شکل ۱۴: تلفیق پهنه‌های رویشی و تیپ های گیاهی غالب *Astragalus* در استان کرمان

جدول ۵: متوسط امتیازات عاملی در تیپ‌های مختلف *Astragalus* در استان کرمان

نوع گیاه	عامل درجه حرارت	عامل رطوبت نسبی و بارندگی	عامل بارندگی فصول پاییز، زمستان و بهار	عامل باد در فصول سرد سال	عامل باد در فصول گرم سال	عامل گرد و غبار
Astragalus sp- Launaea sp	-۱/۲۴	-۰/۳	۰/۲۲	۰/۲۵	-۱/۴۵	-۱/۴۱
Stipa grostis sp –Astragalus sp	-۰/۵	-۰/۷۴	-۰/۵۷	-۰/۲	-۰/۹۸	۱/۰۵
Cousinia sp - Astragalus sp	-۱/۳۷	۰/۰۲	۰/۱	۰/۰۹	-۱/۷۹	-۱/۳۹
Convolvulus sp – Astragalus sp	۰/۶۳	۰/۳۱	۰/۰۵	-۰/۵۲	-۰/۴۴	-۰/۲۷
Artemisia.lehmaniana- Astragalus sp	۰/۶۳	۱/۳۸	-۰/۵	-۱/۴۱	۱	۰/۴۵
Scariola sp- Astragalus sp	۰/۸۲	۱/۳۵	-۰/۵۱	-۱/۴	۱/۳	۰/۷۹
Astragalus sp - perennial grass	۰/۸۵	۱/۵۷	۰/۲۱	-۰/۶۴	۰/۰۲	-۱/۴۲
Astragalus sp –Euphorbia sp	۰/۵۳	۰/۱۱	-۰/۳۹	۱/۸۴	۰/۶۷	-۰/۵۳
Ebenus sp - Astragalus sp	۰/۹۹	۰/۷۹	۰/۴۱	۱/۲۶	-۰/۵۶	۰/۹۶

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

جدول ۶: امتیازات متغیرهای سالیانه و تاثیرگذار بر پراکنش *Astragalus* در استان کرمان

متغیرهای سالیانه plant type	سرعت باد سالانه (m/s)	بارش سالانه	حداقل رطوبت سالانه	حداکثر رطوبت سالانه	رطوبت نسبی	میانگین بارندگی فصل پاییز	میانگین بارندگی فصل زمستان	میانگین بارندگی فصل تابستان	دمای سالانه	حداکثر دمای سالانه	حداقل دمای سالانه
Astragalus sp- Launaea sp	۵/۸۵	۱۱۰/۵۶	۱۱/۵۳	۵۰/۳۹	۳۰/۸۶	۱۲۰	۷۵	۵۴	۱۶/۴۸	۲۴/۹۴	۸/۰۳
Stipa grostis-Astragalus	۵/۰۳	۸۷/۲۰	۱۰/۶۳	۴۴/۴۰	۲۸/۱۸	۹۰	۶۵	۳۵	۱۹/۳۴	۲۷/۵۷	۱۱/۱۰
Cousinia- Astragalus	۴/۵۵	۱۴۲/۰۴	۱۲/۱۸	۵۲/۵۹	۳۲/۷۰	۱۶۰	۱۵۴	۹۵	۱۵/۸۳	۲۴/۲۱	۷/۴۴
Convolvulus- Astragalus	۵/۴۴	۱۴۴/۰۸	۱۵/۱۵	۵۰/۸۶	۳۳/۴۶	۱۸۰	۱۷۷	۹۸	۲۳/۶۰	۳۰/۷۳	۱۶/۴۶
Artemisia.lehmaniana-AstragaluS	۵/۲۵	۲۳۰/۴۶	۱۹/۳۲	۵۶/۷۳	۳۹/۳۲	۲۲۱	۱۹۹/۵	۸۸	۱۷/۸۰	۲۴/۶۶	۱۰/۹۰
Scariola-Astragalus	۵/۲۸	۲۳۰/۷۸	۱۹/۴۳	۵۵/۹۸	۳۹/۲۱	۲۲۰	۱۸۵	۶۰	۱۷/۰۱	۲۳/۷۶	۱۰/۲۴
Astragalus- perennial grass	۵/۷۱	۲۲۰/۷۰	۱۹/۹۹	۶۱/۱۳	۴۰/۳۳	۲۰۰	۲۳۰	۷۵	۲۴/۳۱	۳۱/۳۶	۱۷/۲۴
Astragalus-euphorbia	۵/۶۶	۷۷/۵۳	۱۶/۵۲	۴۶/۸۰	۳۱/۸۹	۷۲	۶۵	۴۵	۲۳/۸۲	۳۰/۴۳	۱۷/۲۹
Ebenus-Astragalus	۵/۷۷	۱۳۷/۷۲	۱۷/۲۲	۵۳/۷۷	۳۴/۷۸	۸۸	۴۵	۴۴	۲۵/۷۸	۳۲/۸۰	۱۸/۷۸

نتایج نشان داد که تیپ‌های مختلف گون در پهنه‌های اقلیمی مشخصی استقرار دارند و حساسیت آن‌ها نسبت به عوامل حرارتی، رطوبتی، بادی و گرد و غبار متفاوت است. برای مثال، تیپ *Astragalus sp – Launaea sp* در پهنه نیمه‌خشک سرد قرار گرفت و امتیاز عاملی دما آن منفی (۱/۲۴-) و امتیاز بارندگی فصول پاییز، زمستان و بهار مثبت (۰/۲۲) بود. میانگین دمای سالانه در این پهنه ۱۶/۶۹ درجه سانتی‌گراد بود که سازگاری این تیپ را با شرایط خنک‌تر و وابستگی آن را به دریافت بارش مؤثر در فصل سرد نشان می‌دهد. در مقابل، تیپ *Stipa grostis sp–Astragalus sp* که در پهنه خشک گرم و غباری واقع شده است، بیشترین امتیاز را در عامل گرد و غبار (۱/۰۵+) نشان داد و میانگین تعداد روزهای غباری در آن ۲۲/۶۶ روز در سال گزارش شد. این پهنه بیشتر تحت تأثیر پدیده گرد و غبار قرار دارد که می‌تواند به‌عنوان فشار محیطی مؤثر بر پایداری پوشش، توان احیا و حساسیت به فرسایش بادی تفسیر شود.

تیپ‌های *Artemisia lehmanniana–Astragalus sp* و *Scariola sp–Astragalus sp* در پهنه نسبتاً مرطوب گرم با رطوبت نسبی بالا قرار گرفتند و همزمان امتیازات بالایی در عامل دما و عامل رطوبت نسبی (به‌ترتیب حدود ۱/۳۸ و ۱/۳۵) و میانگین رطوبت نسبی نزدیک به ۳۹ درصد را نشان دادند. این نتیجه اهمیت رطوبت نسبی (به‌ویژه در فصول گرم) را در افزایش قابلیت استقرار و پایداری پوشش در بخش‌هایی از استان برجسته می‌کند. این نتایج به‌طور کامل نشان می‌دهد که دما، رطوبت نسبی (همراه با بارش فصل گرم)، بارش فصل سرد، باد و گردوغبار به‌صورت متفاوت و وابسته به پهنه، در پراکنش تیپ‌های گون‌زار نقش دارند و تأثیر اقلیمی بر گون‌زارها پیچیده و چندبعدی است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل عاملی نشان داد شش عامل اقلیمی در مجموع ۲۷/۹۷ درصد از واریانس کل داده‌ها را تبیین می‌کنند که کارایی این روش را در کاهش حجم متغیرهای اقلیمی و استخراج مؤلفه‌های غالب اقلیم رویشی تأیید می‌کند. دو عامل نخست: دما (۴۸/۴۴ درصد) و رطوبت نسبی همراه با بارش فصول گرم (۳۵/۵۵ درصد)، در مجموع ۸۰/۰۴ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص دادند؛ این یافته نشان می‌دهد که در مقیاس استان کرمان، کنترل‌های حرارتی و رطوبتی مهم‌ترین پیشران‌های اقلیم رویشی و پراکنش تیپ‌های گون‌زار به شمار می‌روند، الگویی که با نتایج پژوهش‌های پیشین درباره‌ی نقش غالب دما و رطوبت در تعیین اقلیم ایران و پراکنش پوشش گیاهی همخوانی دارد (۱۳ و ۱۷).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

هم‌پوشانی نقشه پهنه‌بندی اقلیمی با نقشه تیپ‌های گیاهی نشان داد هر تیپ گون‌زار در پهنه‌ی اقلیمی مشخصی استقرار یافته و الگوی متمایزی از امتیازهای عاملی دارد که بیانگر تفاوت نیازهای اقلیمی و حساسیت اکولوژیک تیپ‌هاست. برای نمونه، تیپ *Astragalus sp.–Launaea sp* در پهنه‌ی نیمه‌خشک سرد (میانگین دمای سالانه ۱۶/۶۹ درجه سانتی‌گراد) به بارش فصل سرد وابسته است (۱۴)؛ تیپ *Astragalus sp–Stipagrostis sp.* در پهنه‌ی خشک گرم و غباری، بالاترین امتیاز عامل گردوغبار را نشان می‌دهد (میانگین ۲۲/۶۶ روز غبارآلود در سال) و می‌تواند تیپی نسبتاً مقاوم به تنش گردوغبار تلقی شود (۹)؛ تیپ‌های *Artemisia lehmanniana–Astragalus sp* و *Scariola sp.–Astragalus sp* در پهنه‌ی نسبتاً مرطوب گرم، اهمیت رطوبت نسبی فصل گرم را در پایداری پوشش برجسته می‌کنند؛ تیپ *Astragalus sp.–Euphorbia sp* در جنوب‌شرق استان حساسیت بالایی به سرعت باد فصل سرد نشان می‌دهد؛ و تیپ *Ebenus sp.–Astragalus sp* هم‌زمان با تنش حرارتی و گردوغبار سازگار شده است (میانگین دمای سالانه ۲۵/۷۸ درجه سانتی‌گراد). این یافته‌ها نشان می‌دهند که دما، رطوبت نسبی، بارش فصلی، باد و گردوغبار به‌صورت متفاوت و وابسته به پهنه در شکل‌گیری الگوی پراکنش تیپ‌های گون‌زار نقش دارند.

مقایسه‌ی پهنه‌بندی حاصل از روش آماری چندمتغیره با روش‌های کلاسیک (گوسن و دمارتن اصلاح‌شده) نشان داد روش چندمتغیره، به دلیل درنظرگرفتن هم‌زمان مجموعه‌ای از پارامترهای اقلیمی و برهم‌کنش آن‌ها، توان تفکیک بالاتر و تصویری جامع‌تر از اقلیم رویشی ارائه می‌دهد؛ نتیجه‌ای که با یافته‌های مطالعات مشابه همخوانی دارد (۱۱، ۱۵). از نظر کاربردی، خروجی‌های این پژوهش می‌تواند مبنایی برای معرفی تیپ‌های متناسب با هر پهنه‌ی اقلیمی در طرح‌های احیا و مدیریت مرتع، اولویت‌بندی مناطق حساس به باد و گردوغبار، و طراحی برنامه‌های پایش اقلیمی-اکولوژیک باشد.

با این حال، الگوی پراکنش تیپ‌های گیاهی صرفاً تابع اقلیم نیست و این پژوهش با محدودیت‌هایی همراه است: تفکیک تیپ‌ها بر پایه‌ی نقشه پوشش گیاهی موجود و در سطح جنس (*Astragalus sp*) صورت گرفته و تمایز اکولوژیک گونه‌های مختلف گون را پوشش نمی‌دهد؛ همچنین از دوره آماری ۲۵ ساله به‌عنوان دوره‌ی نرمال اقلیمی استفاده شد که هرچند با استانداردهای رایج مطالعات زیست‌اقلیمی مطابقت دارد، تحولات اقلیمی اخیر را بازتاب نمی‌دهد؛ و اثر خاک، رطوبت خاک و فشار چرا در این مدل لحاظ نشده است. بر این اساس، در پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود روند و نوسانات پارامترهای اقلیمی در دوره‌های زمانی متوالی و به‌روزتر (هم‌زمان با تکرار بازدید میدانی و برداشت پوشش گیاهی برای حفظ تطابق زمانی بین لایه‌ها) بررسی شود، و ویژگی‌های خاک، رطوبت خاک و فشار چرا در کنار عوامل اقلیمی در قالب مدل‌های تلفیقی مطالعه گردد تا دقت تفسیر اکولوژیک و کاربرد مدیریتی نتایج افزایش یابد.

References

1. Afshari Pour, M., 2020. Investigating the interactive effects of various climatic factors on the extension of Astragalus rangelands in Kerman Province using multivariate statistical methods. M.Sc. Thesis, University of Zabol, Faculty of Water and Soil, 115 p. (In Persian)
2. Aghajanlou, F. & P. Akbarzadeh, 2025. Evaluation of Vegetation Changes in Rangelands in Relation to Climatic Indicators (Case Study: Badamestan Rangeland, Tarem City). Journal of Rangeland, 19(1): 32-51. (In Persian)
3. Asakereh, H., 2011. Fundamentals of Statistical Climatology. University of Zanjan Press, Zanjan, Iran, 545 p. (In Persian)
4. Ebrahimian, V., H. Azarnivand & A. Javadi, 2023. Evaluation of chemical compound of latex, ecological and phenological characteristics of Sweet Ferula assa-foetida in habitats of Kerman province. Journal of Rangeland, 17(1): 114-130.
5. Fatemi AzarKharvani, S.S., A.R. Shahriari, A. Fakhireh & M. Khodagholi, 2012. Bioclimatic evaluation of desert shrub Zygophyllum atriplicoides Fisch. & C.A. Mey in Isfahan Province, Iran. Journal of Rangeland, 6(3): 258-271. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]

6. Ferrarini, A., J. Dai, Y. Bai & J.M. Alatalo, 2019. Redefining the climate niche of plant species: A novel approach for realistic predictions of species distribution under climate change. Science of the Total Environment, 671: 1086-1093.
7. Fovell, R.G. & Fovell, M.Y.C, 1993. Climate zones of the conterminous United States defined using cluster analysis. Journal of climate, 6(11), pp.2103-2135.
8. Gillison, A.N., 2019. Plant functional indicators of vegetation response to climate change, past present and future: I. Trends, emerging hypotheses and plant functional modality. Flora, 254: 12-30.
9. Heydari, H. & B. Alijani., 2000. Climatic classification of Iran using multivariate statistical techniques. Journal of geographical research, 37: 2718-2722. (In Persian)
10. Heydari, Q. & Z. Zamani., 2025. Investigating the Impact of Small Rodent Activity on the Decline of Astragalus sempervirens L. in the Sangraj Rangeland of Savadkuh. Journal of Rangeland, 19(1): 108-122. (In Persian)
11. Khatibi, R., M. Soltani & M. Khodagholi, 2016. Climatic factors affecting the distribution of Taverniera glabra in Iran using multivariate statistical methods. Applied Ecology, 5(4): 27-43. (In Persian)
12. Khodagholi, M., K. Shirani, M.R. Yazdani & A. Keyvan Darian, 2017. Bioclimatic zoning of Karun watershed using multivariate statistical methods and geographic information systems (GIS). Agricultural Science Journal, 1: 139-152. (In Persian)
13. Khodagholi, M., V. Samadi & A. Shaemi Barzaki, 2019. Evaluating climatic factors affecting the distribution of medicinal species Nepeta cataria in northwestern Iran. Climate Researches, 10(37): 57-68. (In Persian)
14. Masoumi, A.A., 2000. Astragalus of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands of Iran, Tehran, Iran, 440 p. (In Persian)
15. Musau, J., S. Patil, J. Sheffield & M. Marshall, 2016. Spatio-temporal vegetation dynamics and relationship with climate over East Africa. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 1-30.
16. Nazemi Ardakani, S., R. Rahimi, A. Mehrabian, H. Mostafavi, & H. Kiadaliri, 2025. Ecological modeling of climate change effects on priority species of the Liliaceae family in Iran. International Journal of Environmental Science and Technology, 22(8): 6435-6450. (In Persian)
17. Pakzad, Z., M. Raieni, M. Shisheforoush, Z. Eskandari & S. Soltani, 2013. Investigation of climatic factors affecting the distribution of Astragalus adscendens habitats in Isfahan Province, Iran. Rangeland Research, 20(1): 199-212. (In Persian)
18. Palmate, S.S., A. Pandey, D. Kumar, R.P. Pandey & S.K. Mishra, 2017. Climate change impact on forest cover and vegetation in Betwa basin, India. Applied Water Science, 7: 103-114.
19. Pineda-Martínez, L.F., N. Carbajal & E. Medina-Roldán, 2007. Regionalization and classification of bioclimatic zones in the central-northeastern region of México using principal component analysis (PCA). Atmósfera, 20(2): 133-145.
20. Ranjbar Saadatabadi, A., E. Fattahi, P. Asgarzade & M. Karimkhani, 2021. Locating Road Meteorological Stations Using Analytical Hierarchy Process Method (Case Study: Alborz Mountain Roads). Journal of Physical Geography Research, 52(4): 621-639. (In Persian)
21. Saboohi, R. & H. Barani., 2016. Climatic characteristics of the natural habitats of Astragalus gossypinus Fisher in Isfahan Province. Iranian Journal of Applied Ecology, 5(16): 13-30. (In Persian)
22. Unal, Y., T. Kindap & M. Karaca, 2003. Redefining the climate zones of Turkey using cluster analysis. International journal of climatology, 23(9), pp.1045-1055.
23. Yazdanshenas, H., M. Jafari, H. Azarnivand & H. Arzani, 2015. Investigation of gum production models in white milkvetch considering soil characteristics of the habitat (Case study: Tiran and Karvan-Esfahan). Journal of Rangeland, 9(3): 207-221. (In Persian)
24. Zare Chahouki, M.A., 2011. Data analysis in natural resources studies using SPSS. Academic Jihad Press, Tehran, Iran, 314. (In Persian)
25. Zarei, A. & M. Moqbel., 2025. Spatio-temporal changes of average temperature across Iran: A comparative study of the distant and recent past. Journal of Climate Change Researches, 6(23): 57-76. (In Persian)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1405.20.4.7.3]