Original Article, Vol. 12, No. 2, Summer, 2024, pp 49-64

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

Investigating the Relationship Between the Morphology of Tamarix, Calligonum, And Iranian Mesquite with The Morphological Characteristics of Nebkas (Case Study: Rigan, Kerman)

A. Amirzadeh Ghasri[1], S. Kalantari[2], M. Tazeh[3*], A. Mirjalili[4]

1. MSc of Desert management and control, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
3. Associated Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran.
4. PhD in engineering Rangeland management, General Dipartment of Agriculture and Natural Resources Management of Yazd province, Yazd, Iran.

* Corresponding Author: mtazeh@ardakan.ac.ir

Received date: 14/06/2024 **Accepted date: 27/07/2024**

10.22034/JDMAL.2024.2032285.1468

Extended Abstract

Introduction

Today, erosion is a major factor in land degradation in Iran. Since a large portion of Iran is located in arid and semi-arid climates, wind erosion can be an effective means of destroying and causing damage in these areas. Nabkhas have distinct morphometric components from other erosional forms, but some of these parameters can affect the amount of wind sediment transfer. Identifying and measuring the relationship between these parameters and examining the process of changes in certain physical and chemical characteristics of sediments can have a significant impact on planning operations to reduce wind sand transfer and improve the analysis of sediment characteristics. The phenomenon of sand entering human centers in the southeast of Kerman province and Rigan city is considered a problem. This research aims to investigate the impact of the morphology of the species Tamarix, Calligonum, and Iranian mesquite on the morphometrics of the nabkhas in Rigan city and analyzing the measured parameters of the Nabkhas morphometry and their correlations using statistical methods.

Material and Methods

The city of Rigan, which covers 8600 square kilometers, is located south of Kerman. This city is one of the most important centers with the highest priority. Aerial photographs and Google Earth images were used to determine the area of Nabkhas, and a field visit was conducted to assess the development of Nebkas' territory. This area is a major source of wind erosion in Kerman province and even in the country. The severity of erosion is such that date trees with a height of more than 5 meters are buried under sand sediments. The first step was to measure the morphometric characteristics of Nabkhas along 6 one-kilometer transects. The characteristics of the Nabkhas of

Original Article, Vol. 12, No. 2, Summer, 2024, pp 49-64

Desert Management
www.isadmc.ir

Iranian Scientific Association of Desert Management and Control

each of the Calligonum, Iranian mesquite, and Tamarix plants were measured separately. To investigate the characteristics of Nabkhas, the morphological characteristics of Nabkhas including height and diameter of the base were measured. The characteristics of the vegetation that forms Nabkhas were studied by measuring plant morphological factors, such as crown diameter and plant height. Statistics were collected from 44 farms that use Tamarix plants, 51 farms that use Iranian mesquite plants, and 38 farms that use Calligonum plants in total.

Discussion and Conclusion

The regression analysis between plant height and Nabkhas height indicates that the slope of changes in Nabkhas height compared to changes in vegetation height is higher in sedge and mesquite plants than in Calligonum. The height of Nebka is more affected by Tamarix changes than the other two plants. Based on the evaluation of the regression results between the canopy diameter and the canopy height, it can be concluded that the slope of the canopy height changes is greater than the slope of the canopy diameter changes in Calligonum and Iranian mesquite plants, respectively. It can be concluded that the Calligonum plant's crown diameter has a greater effect on Nabkhas' height changes than the other two plants. The regression results between plant height and root diameter indicate that the slope of root diameter changes is greater than that of plant height changes, respectively. It can be concluded that the height changes of the Tamarix plant are more significant in influencing the diameter changes of the Nabkhas base than the other two plants. The slope of diameter changes of the base compared to the changes of diameter of the plant crown, respectively, is higher in calligonum and mesquite plants than in Tamarix. Changes in the diameter of the crown of the Calligonum plant have a greater effect than the changes in the diameter of the other two plants on the changes in the diameter of the base of Nabkhas. Nabkhas with Iranian mesquite have a longer base length in proportion to height than Nebkhas with Tamarix and Calligonum. The geomorphological characteristics of four plant species in Lut Plain's western region were examined, and it was found that the nebkhas with Tamarix have an average height of 1.5 meters and an average base of 4.2 meters. The Nabkhas' Iranian mesquite has an average height of 1.5 meters and an average base of 1.6 meters. Thus, their research results are in accord with the results of this research. According to the correlation results, the morphology of Tamarix, Calligonum, and Iranian mesquite species is significant compared to the morphometric characteristics of Nabkhas, which is consistent with the results (2 and 16). According to the regression results, Tamarix plant has a higher slope of changes in height compared to vegetation. The Calligonum plant has a higher slope of changes in height compared to diameter of plant canopy compared to the other two plants. On the other hand, the slope of changes in the diameter of the Nabkhas base compared to the changes in plant height of Tamarix is greater than that of the other two plants. The slope of the changes in the diameter of the base compared to the changes in the diameter of the plant crown is greater than that of the other two plants. The morphological characteristics of the sediments in the studied area indicate that storms are extremely strong throughout the year, causing a significant movement of sand in the area.

Keywords: Pearson correlation; Linear regression; Plant height; Nabkhas height

مقاله پژوهشی، سال دوازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۳، صفحات ۴۹ تا ۶۴

نشریه مدیریت بیابان
www.isadmc.ir

انجمن علمی مدیریت و کنترل مناطق بیابانی ایران

بررسی ارتباط مورفولوژی گونه‌های شورگز، اسکنبیل و کهور ایرانی با ویژگی‌های مورفومتری نبکاها در شهرستان ریگان کرمان

عبدالمجید امیرزاده قصری[۱]، سعیده کلانتری[۲]، مهدی تازه[۳]*، علی‌بمان میرجلیلی[۴]

۱. کارشناس ارشد مدیریت و کنترل بیابان، گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
۲. استادیار گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
۳. دانشیار گروه طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران.
۴. دکتری علوم مهندسی مرتع، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، یزد، ایران.
* نویسندهٔ مسئول: mtazeh@ardakan.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۶

10.22034/JDMAL.2024.2032285.1468

چکیده

پوشش‌گیاهی با حفاظت از سطح خاک بر حمل رسوبات بادی، موجب تشکیل ناهمواری نبکا در مناطق بیابانی می‌شود؛ نوع پوشش-گیاهی نقش زیادی در تعیین دینامیک و مورفولوژی نبکاها در محیط‌های بیابانی دارد. نبکاها نشان‌دهنده کاهش موضعی بادبردگی در منطقهٔ حمل می‌باشد. هدف پژوهش حاضر بررسی ارتباط مورفولوژی گونه‌های شورگز (*Tamarix hispida* C. Linnaeus)، اسکنبیل (*Calligonum comosum* E. Boissier) و کهور ایرانی (*Prosopis cineraria* L. Druce) با ویژگی¬های مورفومتری نبکاهای تشکیل شده در محدودهٔ شهرستان ریگان استان کرمان است. بدین منظور درآغاز به روش ترانسکت تصادفی، شاخص‌های ارتفاع نبکا، ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش و قاعده نبکا از ۴۴ نبکا حاصل از گیاه شورگز *Tamarix hispida* ، ۵۱ نبکا حاصل از گیاه کهور ایرانی *Prosopis cineraria* و ۳۸ نبکا حاصل از گیاه اسکنبیل *Calligonum comosum* آماربرداری شد و با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نرمال‌بودن داده‌ها بررسی شد. سپس همبستگی پیرسون و رگرسیون ارتفاع و قطر تاج پوشش گیاه با ارتفاع نبکا و قطر قاعده آن موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد میانگین ارتفاع و قطر قاعده نبکا حاصل از گز *Tamarix hispida* ۱/۳m و ۳/۲ m، نبکا حاصل از کهور ایرانی *Prosopis cineraria* میانگین ارتفاع ۰/۹m و قطر قاعده ۴/۵m و نبکاهای حاصل از اسکنبیل *Calligonum comosum* میانگین ارتفاع ۰/۶m و قطر قاعده ۱/۸m می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در نبکاهای حاصل از کهور ایرانی *Prosopis cineraria* به نسبت ارتفاع، طول قاعده بیشتری نسبت به نبکاهای حاصل از گز و اسکنبیل *Calligonum comosum* دارد. نتایج همبستگی شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که ارتباط مورفولوژی گونه‌های موردبررسی، با ویژگی‌های مورفومتری نبکاها معنی‌دار است. نتایج رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا نشان داد که شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع پوشش‌گیاهی و قطر قاعده نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه در گیاه شورگز *Tamarix hispida* بیشتر از دو گیاه دیگر است. همچنین شیب تغییرات ارتفاع نبکا، نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه و شیب تغییرات قطر قاعده نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه، در اسکنبیل *Calligonum comosum* بیشتر از دو گیاه دیگر می‌باشد.

واژگان کلیدی: دینامیک؛ رگرسیون خطی؛ ارتفاع گیاه؛ ارتفاع نبکا

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

■ مقدمه

فرایند فرسایش خاک، تخریب گسترده اراضی را به همراه دارد. با توجه به وضعیت اقلیمی ایران، یکی از علل مهم تخریب در کشور، پدیده فرسایش بادی است. در بعضی مناطق مقدار فرسایش و خسارت ناشی از فرسایش بادی تا چندین هزار برابر فرسایش آبی است، لذا اهمیت آن به‌وضوح مشخص می‌باشد (۴، ۱۴). در مناطق بیابانی، پوشش‌گیاهی با تأثیرگذاری بر حمل و به دام انداختن ماسه‌هایی که به همراه باد حمل می‌شوند، نقش زیادی بر کاهش فرسایش بادی دارند (۱۵) و یکی از راه‌حل‌های جلوگیری از گسترش بیابان‌ها، تثبیت ماسه‌زارهای روان به‌وسیله نبکازارها می‌باشد. ازجمله اشکال فرسایش بادی که در حضور توأم گیاه و فرسایش بادی ایجاد می‌گردد، نبکاها می‌باشند (۲۰). تلماسه‌های منفردی که بر اثر تجمع رسوبات بادی در پای درختچه‌ها و یا بوته‌ها به وجود می‌آید را نبکا می‌نامند. شکل ظاهری نبکا از نوع گونه‌ی گیاهی و ارتفاع و سطح پوشش گیاه میزبان تبعیت می‌کند. طول نبکا از یک متر تا چندین متر و ارتفاع آن از چند دسی‌متر تا چند متر متغیر است و درصورتی‌که دانه‌های ماسه‌ی تشکیل‌دهنده‌ی نبکا چسبندگی نداشته باشند، اندازه و حجم پشته‌های نبکا با تغییر سرعت باد دچار دگرگونی می‌شود (۲۳). در صورت افزایش میزان رسوب، گیاه برای جلوگیری از مدفون شدن به رشد خود ادامه می‌دهد و این رشد تا آنجا ادامه پیدا می‌کند که ریشهٔ گیاه قادر به تأمین رطوبت مورد نیاز گیاه را نداشته باشد؛ اما اگر جایی آب زیرزمینی افت کند یا ریشه گیاه به رطوبت نرسد، این ارتباط قطع و تخریب نبکا آغاز می‌شود (۲۰). نبکاها در دشت، حاشیهٔ پلایاها، اطراف گونه‌های شورپسند و در محل‌های وجود گیاه، یافت می‌شوند. ازجمله نقش نبکاها علاوه بر گیرش ماسه‌های متحرک در مناطق بیابانی و حفظ تأسیسات انسانی از هجوم ماسه‌های بادی، می‌توان به تغییرات در وضعیت خاک مثل تغییر در pH، افزایش مواد آلی[1]، بهبود ساختار و افزایش مواد مغذی اشاره نمود. نبکا دارای تأثیر زیادی در پایداری بوم نظام‌های مناطق خشک و فراخشک دارد و مهم‌ترین نقش آن در نگهداری و حفظ پوشش‌گیاهی است. به‌عبارت‌دیگر، نبکا سازگاری با طبیعت در شرایط خشک بیابانی می‌باشد، پارامترهای گیاهی مثل تاج پوشش، تراکم و ...، ناهمواری و میزان شیب ازجمله عوامل مؤثر بر تشکیل نبکا می‌باشند (۹).

محققان برای ارزیابی مقایسه‌ای کارایی نبکاهای دشت نگار بردسیر در برابر رسوبات بادی از مدل‌های TOPSIS و AHP استفاده کردند تا بتوانند به شناختی مطلوب برای انتخاب مناسب‌ترین گونهٔ گیاهی برای تثبیت ماسه‌های روان دست یابند. به‌همین دلیل در آغاز مهم‌ترین متغیرهای مورفومتری ۲۴۱ نبکا از گونه‌های گیاهی اسکنبیل *Calligonum Bungei* E. Boissier و شورگز *Tamarix gallica* C. Linnaeus که شامل ارتفاع، قطر قاعده، شیب و حجم نبکا و قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه می‌باشد را به روش میدانی و طولی نمونه‌برداری کردند. در ادامه پژوهش به‌وسیله مدل‌های TOPSIS و AHP به ارزیابی مقایسه‌ای و اولویت‌بندی مؤلفه‌های ژئومورفومتری نبکا پرداختند. طبق نتایج به‌دست‌آمده مشخص گردید که نبکای درختچهٔ گز *Tamarix gallica* دارای بالاترین ارجحیت در تثبیت ماسه‌های روان هستند. در همین راستا، توسعه ژئوسیستم نبکای این گونه، دارای بالاترین و بهترین کارایی جهت تثبیت ماسه‌های روان می‌باشند (۲۱). در پژوهشی در دشت صوفیکم استان گلستان به بررسی ژئومورفو-پدولوژیک رخسارهٔ نبکا پرداخته شده است. در این پژوهش مهم‌ترین مؤلفه‌های دانه‌بندی ذرات در فرسایش بادی شامل اندازهٔ ذرات ماسه، رس، سیلت و ویژگی‌های مورفومتری شامل جورشدگی، کج‌شدگی و میانگین قطر ذرات،۳۰ عدد نبکا در دشت صوفیکم در حاشیهٔ شرقی خزر موردبررسی قرار گرفت. طبق نتایج پژوهش مشخص شد که بین شاخص جورشدگی، اندازهٔ رسوبات با قطر ماسه خیلی ریز، لیمون و رس و مقدارEc، pH و مادهٔ آلی در دو محیط نبکا و اراضی مجاور آن، تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. لذا اثر و زمان عوامل فرساینده بر روی رسوبات زیاد نمی‌باشد و فاصلهٔ آن‌ها از منطقهٔ برداشت کم است، به عبارتی منشأ رسوبات تشکیل‌دهنده و حمل‌شده نبکا در منطقه محلی است (۳).

[1] Organic materials

در پژوهشی در منطقه مطالعاتی نیمروز سیستان تأثیر احیای پوشش‌گیاهی بر مؤلفه‌های مورفومتری نبکا و نقش آن در تثبیت ماسه‌های روان به بررسی گذاشته شد. در این پژوهش بر اساس روش تک‌بعدی و استقرار ۵ ترانسکت خطی، متغیرهای ارتفاع، حجم نبکا، قطر تاج پوشش، قطر قاعده، ارتفاع گیاه، دامنه رو به باد و دامنه پشت به باد در ۴۵ نبکا گونه گز *Tamarix gallica*، در بازه زمانی ۱۶ ساله اندازه‌گیری شد. طبق نتایج به‌دست‌آمده عامل پوشش گیاهی با مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها، دارای همبستگی معنادار است (۱۳). پژوهشگرانی، در ارزیابی آماری شکل نبکاهای بیابان‌های ساحلی خلیج‌فارس، به این نتیجه رسیدند که با افزایش ارتفاع گیاه در سیریک از ۱/۷m تا ۲/۲m، حجم تلماسه رسوب $15m^3$ تا $72m^3$ افزایش و در منطقه میشی نیز با افزایش ارتفاع گیاه از۱/۶۵m تا ۳/۵m، حجم رسوب از $15m^3$ تا $45m^3$ افزایش داشته است (۲۲). نتایج بررسی تغییرات در مراحل مختلف متوالی در مورفولوژی نبکای *Nitraria tangutorum* C.Bobrov در شمال‌غربی چین نشان می‌دهد که تراکم نبکای یک نوع گونه‌گیاهی در اراضی ماسه‌ای متحرک ۳۴، نیمه‌ثابت ۵۱ و ثابت ۷۷ تپه در هکتار بود و تراکم نبکا به‌تدریج افزایش یافت و با افزایش تثبیت زمین‌های ماسه‌ای شروع به انحطاط کردند. مرحله توالی نبکاها بر تمامی ویژگی‌های مورفولوژیک تأثیر معنی‌داری داشت و انواع زمین‌های ماسه‌ای تأثیر معنی‌داری بر طول، ارتفاع، حجم، مقیاس افقی و نسبت عرض به ارتفاع داشتند. تقریباً تمام پارامترهای مورفولوژیک نبکاهای موردمطالعه، در مراحل مختلف متوالی همبستگی داشتند که نشان‌دهندهٔ رابطه متقابل قوی بین پارامترهای مورفولوژیکی نبکاها می‌باشد (۱۷). پژوهشگری، طی پژوهشی به تشریح اهمیت نبکا، توزیع آن‌ها در مقیاس جهانی و محلی، مورفولوژی آن‌ها و گیاهانی که با آنها مرتبط هستند پرداخت. برای این کار از Google Earth استفاده شد. ارتفاع نبکاها از چند cm تا ۲۰m برآورد شد. پوشش‌های گیاهی مرتبط با نبکاها باید ویژگی‌های خاصی را برای این نقش داشته باشند. ازجمله، توانایی مقاومت در برابر خشک‌سالی، تحمل نمک، رشد در شرایط دفن ماسه، سیستم ریشه‌زایی گسترده و کم‌عمق برای به دست آوردن آب از مه و باران، استخراج رطوبت از آب‌های زیرزمینی (۱۲). در کشور چین در پژوهشی به بررسی اثرات گیاهان چندساله غالب بر تشکیل نبکا پرداختند. آن‌ها دریافتند که ارتفاع نبکاها با ارتفاع بوته همبستگی کمتری دارد و در عوض با طول، عرض و سطح تاج پوشش و همچنین نیمرخ رو به باد گیاه همبستگی بالایی نشان می‌دهد (۱۰). پژوهشگرانی در پژوهش خود درختچه معمولی در مناطق بیابانی را به‌عنوان هدف تحقیق در نظر گرفتند و ظرفیت به دام انداختن ماسه را بررسی کردند. نتایج نشان می‌دهد که تک درختچه به دلیل تراکم زیاد شاخه‌ها، مقادیر زیادی رسوبات را به دام می‌اندازد و نبکاهایی را تشکیل می‌دهد که با اندازه درختچه همبستگی مثبت دارند (۲۳). برای بررسی نوع گیاهان در توسعه نبکاها، دو منطقه مجزا در شمال چین به بررسی گذاشته شد و نتایج نشان داد درختچه‌ها موجب افزایش طول نبکاها شده‌اند، درحالی‌که در مورد بوته‌ها بیشتر نبکاها تحت تأثیر رژیم بادی منطقه بودند (۱۱). نبکاها از نظر مؤلفه‌های مورفومتری با یکدیگر و دیگر اشکال فرسایشی متفاوت هستند و از سویی برخی از این پارامترها بر روی میزان انتقال رسوب بادی تأثیرگذار است، لذا شناسایی و اندازه‌گیری روابط بین این پارامترها و بررسی روند تغییرات برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی رسوبات، می‌تواند برای برنامه‌ریزی در عملیات کاهش انتقال ماسه‌های بادی و تجزیه‌وتحلیل بهتر ویژگی‌های رسوبات نقش مهمی ایفا نماید، چراکه هجوم ماسه‌های روان به مراکز انسانی یکی از معضلات جنوب‌شرق استان کرمان و شهرستان ریگان محسوب می‌شود که سالانه خسارت‌های زیادی را به مراکز سکونت‌گاهی و راه‌های ارتباطی وارد می‌کند و باعث از بین رفتن حاصلخیزی خاک می‌شود (۲۲). بر این اساس و نبود پژوهش‌های پیشین در منطقه موردمطالعه، هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر مورفولوژی گونه‌های شورگز *Tamarix hispida* C. Linnaeus، اسکنبیل *Calligonum comosum* E. Boissier و کهورایرانی *Prosopis cineraria* L. Druce بر مورفومتری نبکاهای شهرستان ریگان و بررسی پارامترهای موردانداز‌ه‌گیری مورفومتری

نبکاها و ارتباطات بین پارامترهای مورفومتری به کمک روش‌های آماری صورت گرفت.

■ مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

شهرستان ریگان، دارای مساحت $8600km^2$، در ۳۰۰km جنوب کرمان واقع شده است. موقعیت جغرافیایی این شهرستان بین عرض‌های ″۲۸°۳′۵۸/۲۷ تا ″۲۸°۵۱′۵۳/۴۶ شمالی و طول‌های ″۵۸°۲۱′۹/۸ تا ″۵۹°۳۴′۵۸/۳۷ شرقی می‌باشد (شکل ۱). شهرستان ریگان دارای وسعت بیابانی ۴۷۳۲۸۴ha، که از این مقدار، ۱۰۹۸۹۵ha جزء کانون‌های بحرانی با اولویت اول است (۱۶). بر مبنای نقشه خطوط هم‌بارش ایران، بارش در غرب شهرستان ریگان از حدود ۴۰۰mm شروع شده و با حرکت به سمت شرق تا کمتر از ۵۰mm کاهش می‌یابد. درنتیجه به‌طورکلی نواحی غربی مرطوب‌تر از نواحی شرقی هستند. میانگین دمای سالانه شهرستان ریگان از ۱۲°C در غرب تا نزدیک ۲۲°C در شرق نوسان دارد؛ بنابراین از سمت غرب به سمت شرق میانگین دما افزایش یافته و هوا گرم‌تر می‌شود. بر اساس نقشه اقلیم کشور، شهرستان ریگان در سه طبقه نیمه‌خشک، خشک و فراخشک قرار می‌گیرد. طبقه فراخشک در نواحی شرقی قرار گرفته و دارای بیشترین مساحت می‌باشد. سپس طبقه خشک، در پایان در غربی‌ترین ناحیه طبقه نیمه‌خشک قرار گرفته است. ارزیابی ویژگی‌های توپوگرافیکی محدوده موردمطالعه، نشان داد که محدوده دارای ارتفاع بیشینهٔ ۲۹۴۲m، کمینه ۵۱۵m و متوسط ۹۴۴m می‌باشد. نواحی غربی مناطق مرتفع و نیمه‌شرقی در نواحی پست‌تر قرارگرفته است. مراتع فقیر ۴۲/۷٪ و اراضی بدون پوشش ۳۵/۹٪ از محدوده موردمطالعه می‌باشند، کمترین مساحت نیز مربوط به کاربری‌های مسکونی با ۰/۱٪ و کشاورزی با ۲/۳٪ است (شکل ۲) (۷).

پوشش گیاهی موردمطالعه

شورگز *Tamarix hispida* یکی از درختچه‌های مناطق بیابانی و شور می‌باشد. این گیاه اغلب در نواحی خشک و بستر آبراهه‌ها و رودخانه‌های شور و قلیایی رویش دارد و گیاهی مقاوم به خشکی و سازگار با شرایط سخت بیابان است. اراضی شوری که خاک مرطوب دارد و تحت تأثیر جریانات فصلی رودخانه‌ها و آبراهه‌ها قرار دارند، ازجمله نقاط رویشگاه‌های این درختچه می‌باشند. انشعابات فرعی ساقه‌ها، شکل کپه‌ای کروی به این درختچه می‌بخشد. این گیاه بیشتر در مناطق خشک، در زمین‌های شوره‌زار، کنار رودخانه‌ها و کنار آب‌های شور رشد می‌کند و یکی از گونه‌های گیاهی است که در کشور ایران بخصوص در نواحی مجاور دشت لوت، تأثیر بسزایی در تشکیل و تکامل نبکاها دارد و دارای سازش با انواع مختلف محیط است. رشد این گیاه در مناطق بیابانی و نیمه بیابانی مزایای بسیار زیادی چون تحمل به خشکی و شوری، مقاومت در برابر فرسایش و رسوب، بادشکن، ثبات ماسه و جنگلداری، عمر طولانی و ریشه‌های عمیق دارد. نبکاهای این درختچه به‌وسیلهٔ ماسه‌های بادی تشکیل می‌شوند، به این شکل که ماسه‌ها در اثر برخورد به این درختچه، در پای آن تجمع یافته و به‌مرورزمان تپه‌ی ماسه‌ای در اطراف گیاه شکل می‌گیرد. در مناطقی که گیاهانی با مورفولوژی مختلف تحت تأثیر ماسه‌های بادی قرار دارند، اشکال مختلف تجمع ماسه‌های بادی، ازجمله نبکاها تشکیل می‌شوند. از دیگر درختچه‌های سازگار به شرایط بیابان، در ماسه‌زارها به‌عنوان گونه‌ای شاخص و مقاوم به خشکی و کم‌آبی اسکنبیل *Calligonum comosum* می‌باشد. این گونه گیاهی، دارای جایگاه ویژه در شرایط مختلف اقلیمی به‌ویژه تپه‌های ماسه‌ای و ماسه‌های روان برخوردار است. دامنه انتشار این گیاه بسیار گسترده است و اغلب در نواحی مرکزی ایران مانند بیابان‌های ماسه‌ای کرمان، نائین، کویر مرکزی، ریگ جن، دامغان، خور و بیابانک، سیستان و بلوچستان، کرج و آذربایجان حضور دارند و دارای تنه‌ای منشعب یا غیر منشعب، ساقه ایستا و افراشته، سفیدرنگ، برگ‌ها اغلب حالت آویز به خود می‌گیرند. ارتفاع این گونه معمولاً بین یک تا سه متر متغیر است و در عرصه‌های تپه‌های ماسه‌ای به‌راحتی مستقر می‌گردد که سیستم ریشه‌های آن با خاک‌های سبک سازگاری پیدا نموده است. همچنین نوسانات شدید حرارتی و رطوبتی را به‌راحتی تحمل می‌نماید. دیگر گونه موردمطالعه، کهور ایرانی *Prosopis cineraria* است که درختی است که در مناطق خشک و بدون پوشش رشد می‌کند؛ رویشگاه این درخت

نقاطی با میانگین بارش سالانه کمتر از ۵۰۰mm است. باوجود تغییر شرایط آب و هوایی در چنین مناطق اقلیمی، در مقابل بدترین بادهای گرم و خشک‌ترین فصول سال مقاومت می‌کند، یعنی زمانی که گیاهان دیگر مقهور شرایط متأثر اقلیمی می‌شوند، هم چنان به حیات خود ادامه می‌دهد و در مقابل شرایط خشک‌سالی دارای مقاومت قابل‌توجهی می‌باشد. این درخت دارای توانایی استفاده از آب و جذب رطوبت باران از میان شاخ و برگ‌ها می‌باشد، لذا می‌تواند در نواحی با بارش سالانه ۱۰۰mm رشد کند. رویشگاه این درخت از استان سیستان و بلوچستان تا خوزستان امتداد دارد (۲۰).

روش پژوهش

انتخاب محدوده نمونه‌برداری

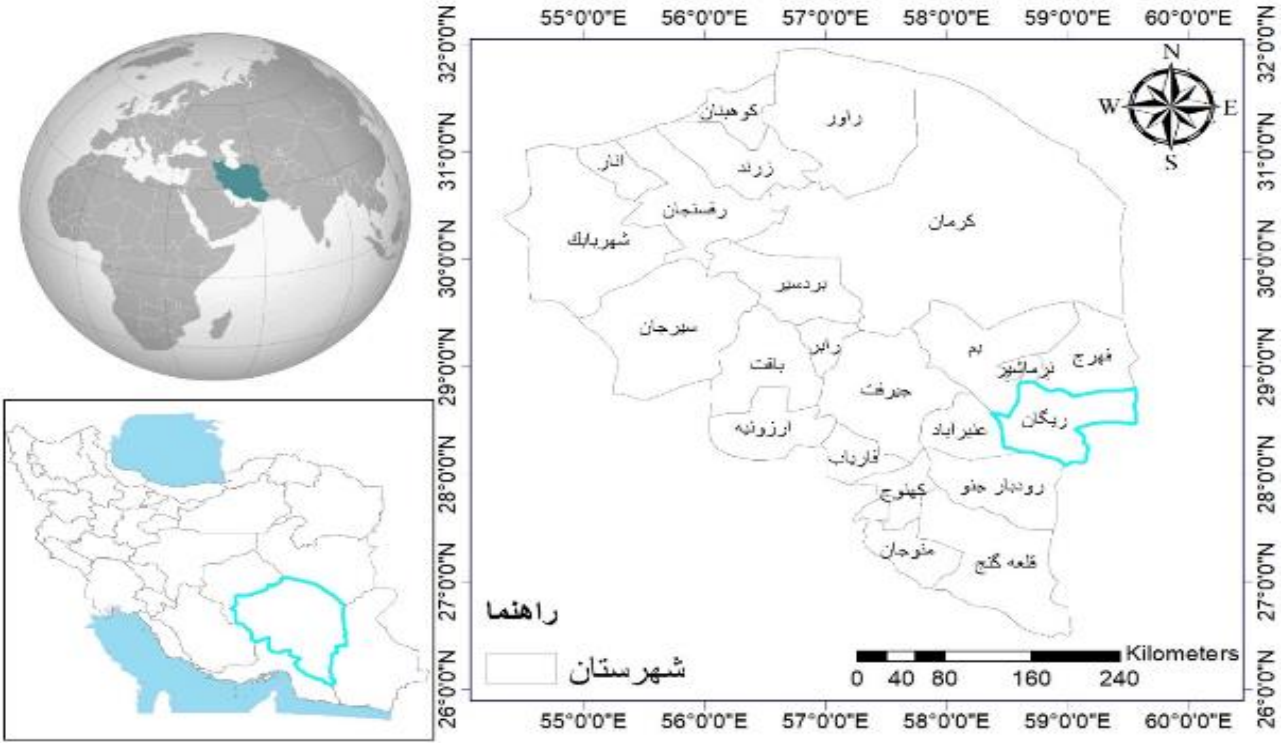
ابتدا با بهره‌گیری از پایگاه Google Earth، محدودهٔ نبکازارها مشخص شد و سپس با بازدید میدانی منطقه قلمرو توسعه نبکاها تعیین شد. محدوده انتخابی دشت بمبویان ریگان در جنوب غربی شهر ریگان بود. این محدوده مساحتی بالغبر ۵۰۳۰۰ha دارد و یکی از اصلی‌ترین کانون‌های فرسایش بادی در استان کرمان و حتی کشور است (۷).

شدت فرسایش به نحوی است که درختان خرما با ارتفاع بیش از ۵m، زیر رسوبات ماسه‌ای مدفون‌شده‌اند. نمونه‌ای از این رویداد در شکل ۳ نشان داده شده است.

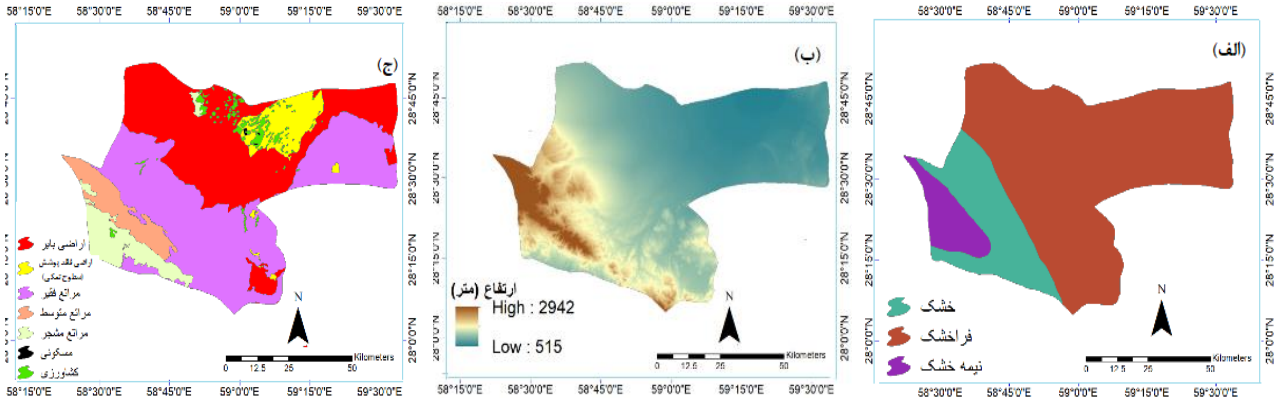
نحوه نمونه‌برداری

در محدوده انتخابی، آثار فرسایش بادی به‌وفور دیده می‌شوند. به‌طوری‌که نبکاهای فراوان با ویژگی‌های متفاوتی در محدوده انتخابی با تراکم زیاد دیده می‌شوند (شکل ۴).

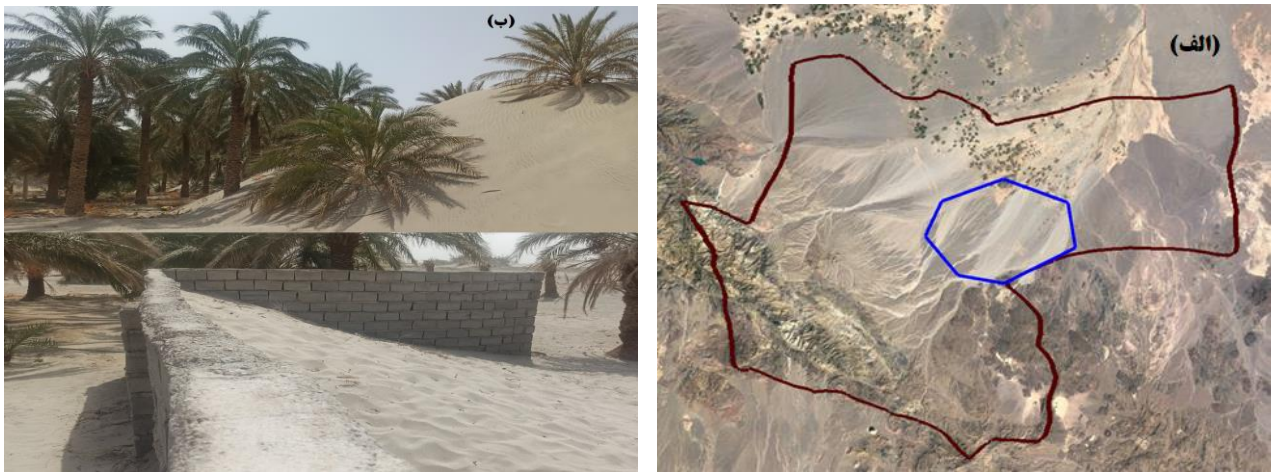
در این مرحله نمونه‌برداری در امتداد ۶ ترانسکت یک کیلومتری انجام‌شد و در امتداد هر ترانسکت ویژگی‌های مورفومتری نبکاها اندازه‌گیری شد. ویژگی‌های نبکاهای هرکدام از گیاهان اسکنبیل *Calligonum comosum*، کهور ایرانی*Prosopis cineraria* و شورگز *Tamarix hispida* به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی ویژگی‌های نبکاها، متغیرهای مورفومتری نبکا شامل صفات ارتفاع و قطر قاعده اندازه‌گیری شد و برای بررسی ویژگی‌های پوشش‌گیاهی تشکیل‌دهنده نبکا، عوامل مورفولوژی گیاهی شامل قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه، اندازه‌گیری‌شد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان ریگان

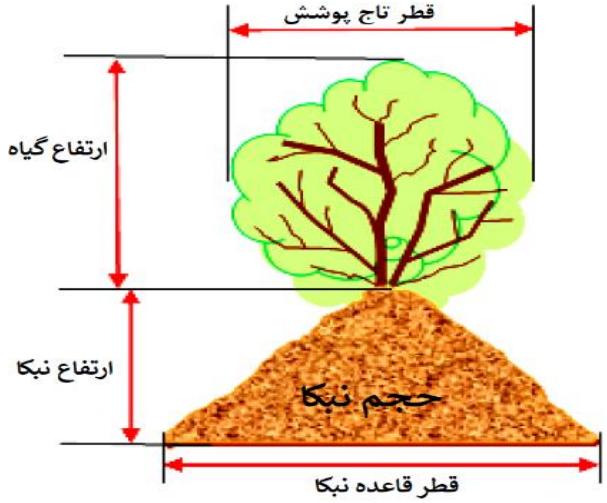


شکل ۲. الف) نقشه طبقه‌بندی اقلیمی ب) مدل رقومی ارتفاع ج) کاربری اراضی محدوده موردمطالعه (۱۹)



شکل ۳. الف) محدوده انتخابی ب) نمونه شدت رسوب‌گذاری بادی در دشت بمبویان ریگان

شکل ۴. نبکاهای محدوده انتخابی



شکل ۵. پارامترهای موردراندازه‌گیری نبکاها و پوشش گیاهی آن‌ها

تجزیه و تحلیل آماری

اولین مرحله تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های اندازه‌گیری شده، بررسی نرمال بودن آن‌ها بود و از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد (۶). آزمون کولموگروف-اسمیرنوف آزمونی ناپارامتری است که برای تعیین همگنی داده‌های تجربی با توزیع‌های آماری موردنظر به کار می‌رود. از مزایای آزمون کلموگروف-اسمیرنوف این است که در آن از مشاهدات رده‌بندی نشده استفاده می‌شود.

بعد از بررسی نرمال بودن داده‌ها، ابتدا در نرم‌افزار SPSS همبستگی متغیرهای اندازه‌گیری‌شده، بررسی شد. در این مرحله با استفاده از رابطه همبستگی پیرسون، همبستگی محاسبه گردید (رابطه ۱).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}} \qquad (۱)$$

در این رابطه r ضریب همبستگی پیرسون، x_i متغیرهای مستقل و $\bar{x}$ میانگین آن‌ها و y_i متغیرهای وابسته و $\bar{y}$ میانگین آن‌ها می‌باشد. مقدار ضریب همبستگی بین ۱- تا ۱ متغیر است که ۱+ همبستگی مثبت کامل، صفر نبود همبستگی و ۱- همبستگی منفی کامل را نشان می‌دهد.

در مرحله بعد برای مدل‌سازی مورفولوژی گونه‌های موردمطالعه، با ویژگی‌های مورفومتری نبکاها از رگرسیون خطی استفاده شد. به این منظور از (رابطه ۲) ضریب رگرسیون (شیب خط) محاسبه شد.

$$SSlope = \frac{n\sum_{n}^{i=1} x_i y_{i-} \sum_{n}^{i=1} x_i \sum_{n}^{i=1} y_i}{n\sum_{n}^{i=1} x_i^2 - (\sum_{n}^{i=1} x_i)^2} \qquad (۲)$$

در این رابطه: Xi متغیر مستقل و Yi متغیر وابسته هستند و n تعداد نمونه‌های موجود است. به‌طورکلی، اگر شیب بزرگ‌تر از صفر باشد، متغیر وابسته هم‌جهت با متغیر مستقل تغییر می‌کند. درحالی‌که اگر شیب کوچک‌تر از صفر باشد، متغیر وابسته در خلاف جهت متغیر مستقل تغییر می‌کند. هر چه اندازه شیب تغییرات بیشتر باشد، شدت تغییرات متغیر وابسته نسبت به تغییرات متغیر مستقل بیشتر است (۵). در این رابطه: Xi متغیر مستقل و Yi متغیر وابسته هستند و n تعداد نمونه‌های موجود است. به‌طورکلی، اگر شیب بزرگ‌تر از صفر باشد، متغیر وابسته هم‌جهت با متغیر مستقل تغییر می‌کند. درحالی‌که اگر شیب کوچک‌تر از صفر باشد، متغیر وابسته در خلاف جهت متغیر مستقل تغییر می‌کند. هر چه اندازه شیب تغییرات بیشتر باشد، شدت تغییرات متغیر وابسته نسبت به تغییرات متغیر مستقل بیشتر است (۵).

■ نتایج

ارزیابی داده‌ها و بررسی نرمال بودن آن‌ها

با توجه به نتایج حاصله میانگین ارتفاع نبکا حاصل از شورگز، ۱/۳m و انحراف معیار آن‌ها ۰/۳ است. بیشترین ارتفاع نبکا اندازه‌گیری شده ۱/۸m و کمترین آن ۰/۹m

بوده است و دارای چولگی ۰/۱۸ و کشیدگی ۱/۴۱- می‌باشد (جدول ۱) و نشان‌دهنده این است که ازنظر این دو معیار، داده‌های ارتفاع نبکاهای حاصل از شورگز وضعیت نرمالی دارد. همچنین قطر قاعده نبکاهای حاصل از شورگز نیز دارای میانگین و میانه ۳/۲m و ۳/۳m متر با انحراف معیار ۰/۸ بوده است. کمترین مقدار قاعده اندازه‌گیری شده نبکاهای حاصل از شورگز ۲/۲m و بیشترین آن ۴/۱m است. چولگی و کشیدگی قطر قاعده نبکاهای دارای گز ۰/۲۲- و ۱/۳۳- می‌باشد که با توجه به مقادیر، این داده‌ها نرمال می‌باشد. گیاهان شورگز در نبکاهای محدوده موردمطالعه دارای میانگین ۲m، حداقل ۱/۷m، حداکثر ۲/۲m و انحراف معیار ۰/۰۹ می‌باشد. همچنین با توجه به مقادیر کشیدگی و چولگی، این داده‌ها دارای توزیع نرمالی هستند. قطر تاج پوشش‌گیاهان شورگز نبکاها دارای میانگین ۱m، حداقل ۰/۶m، حداکثر ۱/۵m و انحراف معیار ۰/۳ می‌باشد و بر اساس مقادیر کشیدگی و چولگی، دارای توزیع نرمال هستند.

میانگین و میانه ارتفاع نبکا حاصل از کهور ایرانی، ۰/۹m و انحراف معیار آن‌ها ۰/۳ است. بیشترین ارتفاع نبکا اندازه‌گیری شده ۱/۵m و کمترین آن ۰/۵m بوده است. چولگی ۰/۳ و کشیدگی آن ۱/۲۷- می‌باشد که حاکی از آن است که ازنظر این دو معیار، داده‌های ارتفاع نبکاهای حاصل از کهور ایرانی دارای توزیع نرمالی هستند. همچنین قطر قاعده نبکاهای حاصل از کهور ایرانی نیز دارای میانگین ۴/۵m و میانه ۴/۷m با انحراف معیار ۱ بوده است. کمترین مقدار قاعده اندازه‌گیری شده نبکاهای حاصل از کهور ایرانی، ۳/۱m و بیشترین آن ۶/۲m است. چولگی و کشیدگی قطر قاعده نبکاهای حاصل از کهور ایرانی ۰/۰۱ و ۰/۸۵- می‌باشد که با توجه این مقادیر، این داده‌ها نرمال می‌باشد. ارتفاع‌های گیاهان کهور ایرانی در نبکاهای محدوده موردمطالعه دارای میانگین ۱/۸m، میانه ۱/۹m، حداقل ۱/۱m، حداکثر ۲/۵m و انحراف معیار ۰/۵ می‌باشد. همچنین با توجه به مقادیر کشیدگی و چولگی، این داده‌ها دارای توزیع نرمالی هستند. قطر تاج پوشش گیاهان کهور ایرانی نبکاها دارای میانگین ۱/۲m، حداقل ۰/۶m، حداکثر ۱/۷m و انحراف معیار ۰/۳ می‌باشد و بر اساس مقادیر کشیدگی و چولگی دارای توزیع نرمال هستند. در بررسی نبکا حاصل از اسکنبیل، میانگین و میانه ارتفاع نبکا مذکور، ۰/۶m و ۰/۷m و انحراف معیار آن‌ها ۰/۳ به دست آمد.

بیشترین ارتفاع نبکا اندازه‌گیری شده ۱ و کمترین آن ۰/۳m بوده است. دارای چولگی ۰/۰۴- و کشیدگی ۰/۷۶- می‌باشد که حاکی از آن است که ازنظر این دو معیار، داده‌های ارتفاع نبکاهای دارای اسکنبیل دارای توزیع نرمالی هستند. همچنین قطر قاعده نبکاهای حاصل از اسکنبیل نیز دارای میانگین ۱/۸m و میانه ۱/۶m با انحراف معیار ۰/۶ بوده است. کمترین مقدار قاعده اندازه‌گیری شده نبکاهای حاصل از آن ۱m و بیشترین آن ۲/۸m است.

جدول ۱. ویژگی‌های آماری نمونه‌های نبکاهای مختلف

نوع گیاه	شورگز				کهور ایرانی				اسکنبیل			
آماره	ارتفاع نبکا	ارتفاع گیاه	قطر تاج پوشش	قطر قاعده نبکا	ارتفاع نبکا	ارتفاع گیاه	قطر تاج پوشش	قطر قاعده نبکا	ارتفاع نبکا	ارتفاع گیاه	قطر تاج پوشش	قطر قاعده نبکا
میانگین	۱/۳	۲	۱	۳/۲	۰/۹	۱/۸	۱/۲	۴/۵	۰/۶	۰/۹	۰/۴	۱/۸
میانه	۱/۳	۲	۱	۳/۳	۰/۹	۱/۹	۱/۲	۴/۷	۰/۷	۰/۹	۰/۴	۱/۶
واریانس	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۶۴	۰/۰۹	۰/۲۵	۰/۰۹	۱	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۳۶
انحراف معیار	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۸	۰/۳	۰/۵	۰/۳	۱	۰/۲	۰/۳	۰/۱	۰/۶
کمترین مقدار	۰/۹	۱/۷	۰/۶	۲/۲	۰/۵	۱/۱	۰/۶	۳/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۲	۱
بیشترین مقدار	۱/۸	۲/۲	۱/۵	¼	۱/۵	۲/۵	۱/۷	۶/۲	۱	۱/۴	۰/۷	۲/۸
دامنه	۰/۹	۰/۵	۰/۹	۱/۹	۱	۱/۴	۱/۱	۳/۱	۰/۷	۱	۰/۵	۱/۸
محدوده میان چارکی	۱/۳	۲	۱	۳/۳	۰/۹	۱/۹	۱/۲	۴/۷	۰/۷	۰/۹	۰/۴	۱/۶
چولگی	۰/۱۸	۰/۲-	۰/۱۷	۰/۲۲-	۰/۳	۰/۰۴-	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۴-	۰/۱	۰/۶	۰/۳۱
کشیدگی	۱/۴۱-	۱/۱۳-	۱/۱۵-	۱/۳۳-	۱/۲۷-	۱/۱۲-	۱/۰۳-	۰/۸۵-	۰/۷۶-	۰/۹۴-	۰/۸۳-	۱/۳-

جدول ۲. نتایج آزمون کلموگروف – اسمیرنوف نمونه‌های نبکاهای مختلف

نوع گیاه	اجزا آزمون	ارتفاع نبکا	ارتفاع گیاه	قطر تاج پوشش	قطر قاعده نبکا
شورگز	آماره آزمون	۰/۱۰۳	۰/۰۹۹	۰/۱۱	۰/۱۰۸
	Sig. (2-tailed)	۰/۲	۰/۲۲	۰/۲	۰/۲
کهور	آماره آزمون	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۰۸	۰/۱۰۳
	Sig. (2-tailed)	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۳	۰/۲
اسکنبیل	آماره آزمون	۰/۱۲۱	۰/۱	۰/۲۲	۰/۲۲
	Sig. (2-tailed)	۰/۲	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۱۸

**. همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

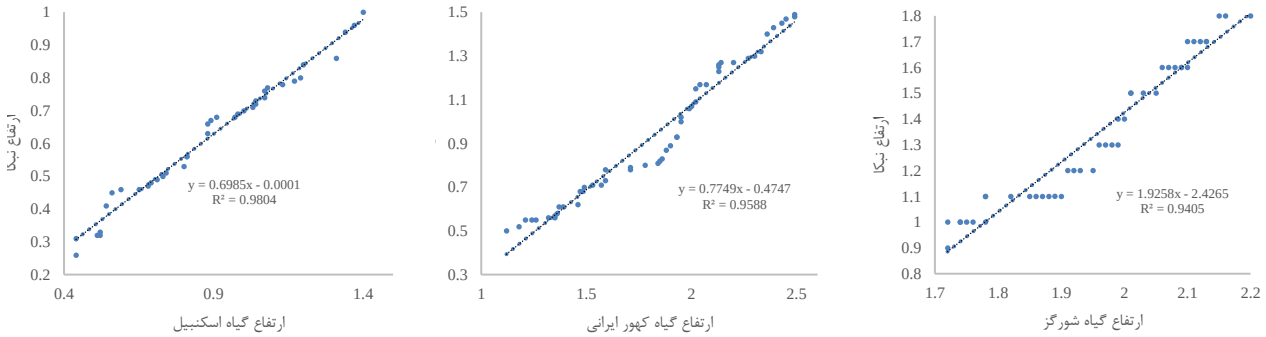
*. همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

جدول ۳. نتایج آزمون همبستگی پیرسون ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا

اجزا آزمون	شورگز	کهور	اسکنبیل
آماره آزمون	۰/۹۷۱	۰/۹۷۹	۰/۹۹
	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۰۰**

**. همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

*. همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.



شکل ۶. رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا

چولگی و کشیدگی قطر قاعده نبکاهای دارای اسکمبیل ۰/۳۱ و ۱/۳- می‌باشد که با توجه این مقادیر، این داده‌ها نرمال می‌باشد. ارتفاع‌های گیاهان اسکنبیل در نبکاهای محدودهٔ موردبررسی، دارای میانگین ۰/۹m، میانه ۰/۹m، حداقل ۰/۴m، حداکثر ۱/۴m و انحراف معیار ۰/۳ می‌باشد. همچنین با توجه به مقادیر کشیدگی و چولگی، این داده‌ها دارای توزیع نرمالی هستند. قطر تاج پوشش گیاهان اسکنبیل نبکاها دارای میانگین ۰/۴m، حداقل ۰/۲m، حداکثر ۰/۷m و انحراف معیار ۰/۱ می‌باشد و بر اساس مقادیر کشیدگی و چولگی دارای توزیع نرمال هستند. چولگی و کشیدگی قطر قاعده، ارتفاع و قطر تاج پوشش نبکاهای مورد مطالعه نرمال می‌باشد (جدول ۱).

نتایج آزمون کلموگروف–اسمیرنوف نمونه‌های نبکاهای موردبررسی در جدول ۲ نشان داده شده است. با توجه به این جدول، نرمال نبودن داده‌های ارتفاع نبکا، ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش قطر قاعده نبکا در سطح پنج درصد معنی‌دار نشده است که نشان از نرمال بودن داده‌ها دارد.

ارزیابی رابطهٔ ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا

همبستگی ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا در هر سه نوع نبکاها، در سطح یک درصد معنی دار است (جدول ۳). شدت همبستگی در نبکاهای حاصل از اسکنبیل از نبکاهای انتخابی دیگر بیشتر است. همچنین با توجه به مثبت شدن مقادیر همبستگی پیرسون، رابطه این دو شاخص مستقیم

می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر با افزایش ارتفاع گیاهان هر سه گیاه مورد بررسی، ارتفاع نبکا حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد.

رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا در نبکاهای موردمطالعه در (شکل ۶) نشان داده‌شده است. با توجه به این شکل شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه شورگز حدود ۱/۹، کهور ایرانی حدود ۰/۷۷ و اسکنبیل حدود ۰/۷ است. به‌عبارت‌دیگر با تغییر ۱/۹ واحد از ارتفاع گز، ۰/۷۷ واحد از کهور ایرانی و ۰/۷ واحد از اسکنبیل، یک واحد از ارتفاع نبکا تغییر می‌کند. با توجه به ارزیابی نتایج رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا، می‌توان گفت که شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع پوشش گیاهی در گیاهان شورگز و کهور ایرانی بیشتر از اسکنبیل است؛ بنابراین می‌توان گفت که تغییرات ارتفاع شورگز تأثیر بیشتری نسبت به دو گیاه دیگر بر تغییرات ارتفاع نبکا دارد.

ارزیابی رابطه قطر تاج پوشش گیاه و ارتفاع نبکا

که همبستگی این دو شاخص در هر سه نوع نبکا، در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۴). شدت همبستگی در نبکاهای دارای کهور ایرانی از نبکاهای انتخابی دیگر بیشتر است. همچنین با توجه به مثبت شدن مقادیر همبستگی پیرسون رابطه قطر تاج پوشش گیاه و ارتفاع نبکا مستقیم می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر با افزایش قطر تاج پوشش هر سه گیاه موردبررسی، ارتفاع نبکا حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد. رگرسیون بین قطر تاج پوشش گیاه و ارتفاع نبکا در نبکاهای مختلف در (شکل ۷) آورده شده است. با توجه به این شکل شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه شورگز ۰/۹۴، کهور ایرانی ۰/۹۹ و اسکنبیل ۱/۳۵ است. به‌عبارت‌دیگر با تغییر یک واحد از قطر تاج پوشش گیاه، ارتفاع نبکا برای گیاه شورگز ۰/۹۴، کهور ایرانی ۰/۹۹ و اسکنبیل ۱/۳۵ واحد تغییر می‌کند. با توجه به ارزیابی نتایج رگرسیون بین قطر تاج پوشش گیاه و ارتفاع نبکا می‌توان گفت که شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه در گیاهان اسکنبیل و کهور ایرانی بیشتر از شورگز است؛ بنابراین تغییرات قطر تاج پوشش گیاه اسکنبیل تأثیر بیشتری نسبت به دو گیاه دیگر بر تغییرات ارتفاع نبکا دارد.

ارزیابی رابطهٔ ارتفاع گیاه و قطر قاعده نبکا

همبستگی ارتفاع گیاه و قطر قاعده نبکا در هر سه نوع نبکاهای حاصل از شورگز ، کهور و اسکنبیل در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۵). شدت همبستگی در نبکاهای حاصل از شورگز از نبکاهای انتخابی دیگر بیشتر است. همچنین با توجه به مثبت شدن ضریب رگرسیون، رابطه این دو شاخص مستقیم می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر، با افزایش ارتفاع گیاه، قاعده نبکا حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد. شیب تغییرات قطر قاعده نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه شورگز ۴/۴۶، کهور ایرانی۲/۶ و اسکنبیل ۲/۱ است. به‌عبارت‌دیگر با تغییر یک واحد از ارتفاع شورگز، قطر قاعده نبکا ۴/۴۶، ۲/۶ و ۲/۱ واحد تغییر می‌کند (شکل ۸).

جدول ۴. نتایج آزمون همبستگی پیرسون قطر تاج پوشش گیاه و ارتفاع نبکا

اجزا آزمون	شورگز	کهور	اسکنبیل
آماره آزمون	۰/۹۷۷	۰/۹۸۵	۰/۹۵۲
	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۰۰**

**. همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

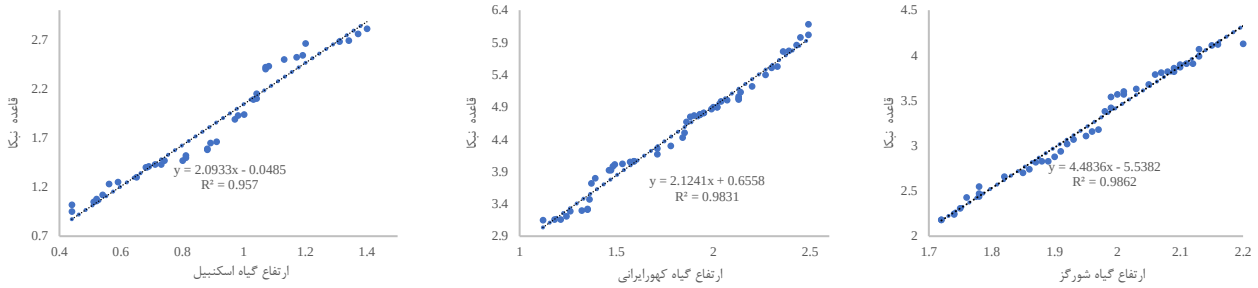
*. همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

جدول ۵. نتایج آزمون همبستگی پیرسون ارتفاع گیاه و قطر قاعده نبکا

اجزا آزمون	شورگز	کهور	اسکنبیل
آماره آزمون	۰/۹۹۴	۰/۹۷۱	۰/۹۷۹
	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۰۰**

**. همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

*. همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

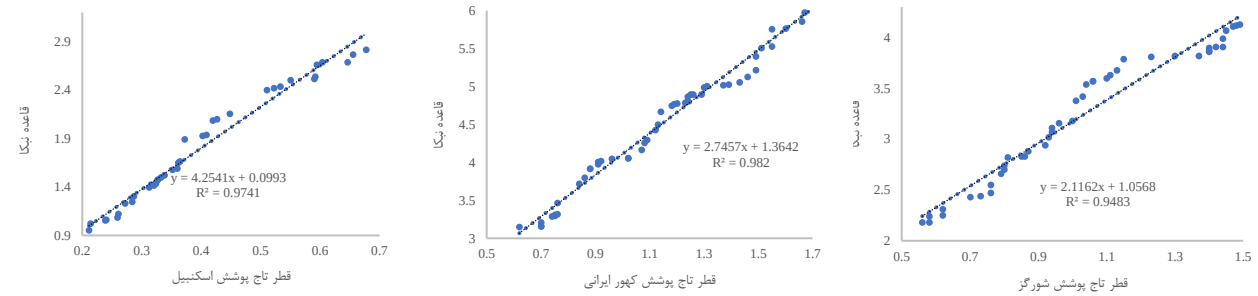


شکل ۸. رگرسیون بین ارتفاع گیاه و قطر قاعده نبکا

جدول ۶. نتایج آزمون همبستگی پیرسون قطر تاج پوشش گیاه و قطر قاعده نبکا

اجزا آزمون	شورگز	کهور	اسکنبیل
آماره آزمون	۰/۹۷۴	۰/۹۹۱	۰/۹۸۷
	۰/۰۰**	۰/۰۰**	۰/۰۰**

**. همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. *. همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.



شکل ۹. رگرسیون بین قطر تاج پوشش گیاه و قطر قاعده نبکا

با توجه به ارزیابی نتایج رگرسیون بین ارتفاع گیاه و قطر قاعده نبکا می‌توان گفت که شیب تغییرات قطر قاعده نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه در گیاهان شورگز و کهور ایرانی بیشتر از اسکنبیل است؛ بنابراین می‌توان گفت که تغییرات ارتفاع گیاه شورگز تأثیر بیشتری نسبت به دو گیاه دیگر بر تغییرات قطر قاعده نبکا دارد.

ارزیابی رابطهٔ قطر تاج پوشش گیاه و قطر قاعده نبکا

همبستگی قطر تاج پوشش گیاه و قطر قاعده نبکا در هر سه نوع نبکا در سطح یک درصد معنی‌دار است (جدول ۶). شدت همبستگی در نبکاهای حاصل از کهور ایرانی از نبکاهای انتخابی دیگر بیشتر است. همچنین با توجه به مثبت شدن مقادیر همبستگی پیرسون رابطه این دو شاخص مستقیم می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر با افزایش قطر تاج پوشش هر سه گیاه، قاعده نبکا حاصل از آن نیز افزایش می‌یابد. شیب تغییرات قطر قاعده نبکا نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه شورگز ۲/۱۲، کهور ایرانی ۲/۷ و اسکنبیل ۴/۲۵ است (شکل ۹). به‌عبارت‌دیگر با تغییر یک واحد از قطر تاج پوشش گیاه شورگز، قطر قاعده نبکا ۲/۱۳ واحد تغییر می‌کند.

با توجه به ارزیابی نتایج رگرسیون بین قطر تاج پوشش گیاه و قطر قاعده نبکا می‌توان گفت که شیب تغییرات قطر قاعده نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه در گیاهان اسکنبیل و کهور ایرانی بیشتر از شورگز است؛ بنابراین می‌توان گفت که تغییرات قطر تاج پوشش گیاه اسکنبیل، تأثیر بیشتری نسبت به دو گیاه دیگر بر تغییرات قطر قاعده نبکا دارد.

■ بحث و نتیجه‌گیری

نبکاها نوعی تپه ماسه‌ای تثبیت شده است که موقعیت و وضعیت آن‌ها به‌وسیله پوشش‌گیاهی کنترل می‌شود (۱۸). مورفولوژی نبکا وابستگی زیادی به نوع گونه گیاهی دارد، به‌طوری‌که سازگاری زیاد گونه‌ها موجب مقاومت زیاد نسبت

به مدفون شدن گونه در زیر ماسه‌های روان شده و موجب رشد این‌گونه تجمع رسوبات بادی در اطراف آن و تشکیل نبکا در سطح وسیع می‌شود (۸). نتایج نشان داد که در نبکا حاصل از شورگز میانگین ارتفاع ۱/۳m و قطر قاعده نبکا ۳/۲m، نبکا حاصل از کهور ایرانی، میانگین ارتفاع ۰/۹m و قطر قاعده نبکا ۴/۵m و نبکاهای حاصل از اسکنبیل میانگین ارتفاع ۰/۶m و قطر قاعده نبکا ۱/۸m می‌باشد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در نبکاهای حاصل از کهور ایرانی به نسبت ارتفاع، طول قاعده بیشتری نسبت به نبکاهای حاصل از شورگز و اسکنبیل دارد. محققینی در پژوهش خود ویژگی‌های ژئومورفولوژیک را در نبکاهای چهار گونه‌ی گیاهی در غرب دشت لوت به مقایسه گذاشتند و بیان داشتند که نبکاهای حاصل از شورگز با میانگین ارتفاع ۱/۵m دارای میانگین قاعده ۴/۲m هستند، درحالی‌که نبکاهای حاصل از کهور ایرانی با میانگین ارتفاع ۱/۵m، دارای میانگین قاعده ۶/۱m می‌باشند (۲۰)؛ بنابراین نتایج ایشان با یافته‌های پژوهش حاضر برای بزرگ‌تر بودن قاعده نبکا در گیاهان با ارتفاع بیشتر، همسو می‌باشد، به‌طوری‌که در هر دو پژوهش با افزایش ارتفاع گیاه، قاعده نبکا نیز بزرگ‌تر شده است.

نتایج همبستگی شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان داد که تمامی مورفولوژی گونه‌های شورگز، اسکنبیل و کهور ایرانی با ویژگی‌های مورفومتری نبکاها معنی‌دار است؛ که با نتایج (۲، ۱۸) مطابقت دارد و در این دو تحقیق همانند پژوهش حاضر، نیز موروفولوژی گونه گیاهی نقشی مؤثر در ظاهر نبکا داشته است. هرچند مقدار ضریب پیرسون در تحقیقات آن‌ها کمتر از پژوهش حاضر بود، ضریب پیرسون در تمامی روابط در پژوهش حاضر بیشتر از ۰/۹ بوده است. دلیل این امر شدت زیاد فرسایش بادی در محدوده مورد بررسی است. به‌طوری‌که شدت فرسایش به حدی است که چاله‌های نهال‌کاری اگر خالی بماند ظرف دو ماه پر از رسوب می‌شود؛ بنابراین هر نوع مانعی در سر راه فرسایش بادی با توجه به ارتفاع و قطر مانع، به‌سرعت رسوب صورت می‌گیرد.

در پایان این‌گونه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ارزیابی نتایج رگرسیون بین ارتفاع گیاه و ارتفاع نبکا نشان داد که شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات ارتفاع پوشش گیاهی در گیاه شورگز، بیشتر از دو گیاه دیگر است. همچنین شیب تغییرات ارتفاع نبکا نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه در گیاه اسکنبیل بیشتر از دو گیاه دیگر است. از طرف دیگر شیب تغییرات قطر قاعده نبکا، نسبت به تغییرات ارتفاع گیاه در گیاه شورگز بیشتر از دو گیاه دیگر است و شیب تغییرات قطر قاعده نسبت به تغییرات قطر تاج پوشش گیاه در گیاه اسکنبیل بیشتر از دو گیاه دیگر می‌باشد. علاوه بر آنچه گفته شد، ویژگی‌های مورفولوژیک نبکاهای محدودهٔ موردبررسی نشان می‌دهد که در این ناحیه توفان‌ها در طول سال بسیار قوی هستند، به‌طوری‌که حجم گسترده‌ای از ماسه‌ها را در منطقه جابه‌جا می‌نمایند. نبکاهای موردمطالعه شواهدی برای نشان دادن قدرت حمل و جابه‌جایی حجم وسیعی از ماسه در شهرستان ریگان می‌باشند. علاوه بر این، همان‌گونه که پیش‌تر گفته شد، اندازهٔ گونهٔ گیاهی، نقش زیادی در ارتفاع تپه‌های نبکا دارد؛ زیرا هرچه بلندتر و حجیم‌تر باشد، می‌تواند ماسه‌های بیشتری را به دام انداخته و درنتیجه تپه ماسه‌ای بلندتری ایجاد کند. با توجه به نتایج این پژوهش، در هر سه گیاه انتخابی بین ارتفاع نبکاها با تاج پوشش گیاهی و ارتفاع گیاه رابطه مستقیم و معنی‌دار وجود دارد، همچنین گونه‌های مختلف گیاهی نبکاهای متفاوت ایجاد می‌کند و مورفولوژی نبکا وابستگی زیادی به نوع گونه گیاهی دارد، به‌طوری‌که سازگاری زیاد گونه‌های گیاهی، موجب مقاومت زیاد نسبت به مدفون شدن گونه در زیر ماسه‌های روان شده و تجمع رسوبات بادی در اطراف آن و حجم نبکا بیشتر می‌شود. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، کارایی گیاهان در شدت‌های مختلف فرسایش بادی نیز موردبررسی قرار گیرد.

■ **سپاسگزاری**

بدینوسیله از اداره منابع طبیعی شهرستان بم، به دلیل در اختیار قراردادن اطلاعات لازم قدردانی می‌گردد.

■ References

1. Afrasiabi, S., Tazeh, M., Taghizadeh Mehrjardi, R., Ghaneei Bafghi, M.J. &Kalantari, S. (2019). Performance of two measurement methods of pin meter and laser disto meter in the measurement of

microtopography created by desert pavement. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 8(22), 1-14. DOI: 10.22052/DEEJ.2018.7.22.45 [In Persian]

2. Akhond, M., Kalantari, S., Sadeghinia, M., & Tazeh, M. (2021). The relationship between physiognomic characteristics of *Tamarix aphylla* and *Seidlitzia rosmarinus* with morphometric parameters of Khour Va Biabanak county nebkhas using regression methods and artificial neural network. *Desert, 26*(2), 237-249. DOI: 10.22059/JDESERT.2021.318279.1006805

3. Alinezhad, M., Hosseinalizadeh, M., Ownegh, M., & Mohammadian Behbahani, A. (2017). Geomorpho-pedological analysis of nebka landscape in Sufikam plain, Golestan province. *Desert Ecosystem Engineering Journal, 6*(16), 59-70. DOI: 10.22052/6.16.59 [In Persian]

4. Azad, M., Kalantari, S., Shirmardi, M., &Tazeh, M. (2021). Investigation the effect of land use and soils physico-chemical properties on wind erosion threshold velocities via data mining. *Desert Ecosystem Engineering Journal, 9*(29), 1-14. DOI: 10.22052/DEEJ.2020.9.29.1 [In Persian]

5. Barzegar, A., Kalantari, S., Fazelpour, M.R., Ghanei-Bafghi, M. J., & Tazeh, M. (2022). Assessing the effects of combating desertification projects from the peoples' point of view (Case study: Meybod–Ashkezar project). *Journal of Arid Biome, 12*(2), 83-94. DOI: 10.29252/ARIDBIOM.2023.20057.1934 [In Persian]

6. Barzegar Ardakani, R., Kalantari, S., Fazelpour, M., & Tazeh, M. (2024). Economic analysis of strip and pit cultivation methods in desertification projects. *Desert Management, 12*(1), 77-89. DOI: 10.22034/JDMAL.2024.2020191.1450 [In Persian]

7. Behnood, M., Morovati, M., & Ghanei Bafghi, M. J. (2021). Assessment of the environmental impacts of wind erosion in three economic, social and environmental environments using the DPSIR model. (Case Study: Regan County). *Human & Environment, 3*(19),143-154. [In Persian]

8. Bing, L., Wenzhi, Z., & Rong, Y. (2008). Characteristics and spatial heterogeneity of *Tamarix ramosissima* nebkhas in desert-oasis ecotones. *Acta Ecologica Sinica, 28*(4), 1446-1455. DOI: 10.1016/S1872-2032(08)60053-0

9. Bochet, E., Poesen, J., & Rubio, J. L. (2000). Mound development as an interaction of individual plants with soil, water erosion and sedimentation processes on slopes. *Earth Surface Processes and Landforms, 25*(8), 847-867. DOI :10.1002/1096-9837(200008)25:8<847::AID-ESP103>3.0.CO;2-Q

10. Cao, X., Jiao, J., Li, J., Qi, H., Bai, L., Wang, X., & Sun, X. (2022). Morphometric characteristics and sand intercepting capacity of dominant perennial plants in the Eastern Qaidam Basin: Implication for aeolian erosion control. *Catena, 210*, 105939. DOI :10.1016/j.catena.2021.105939

11. Cheng, L., Wu, B., Pang, Y., & Jia, X. (2024). Shrub growth improves morphological features of nebkhas: a case study of *Nitraria tangutorum* in the Tengger Desert. *Plants, 13*(5), 624. DOI: 10.3390/plants13050624

12. Goudie, A. S. (2022). Nebkhas: An essay in aeolian biogeomorphology. *Aeolian Research, 54*, 100772. DOI : 10.1016/j.aeolia.2022.100772

13. Jahantigh, M., & Jahantigh, M. (2020). Investigating the effect of vegetation restoration on morphometric components of nebaka and its role in the stabilization of sand dunes in Nimroz Area of Sistan Province. *Geography and Environmental Planning, 31*(2), 105-120. DOI: 10.22108/GEP.2020.119973.1225

14. Kamali, P., Tazeh, M., Kalantari, S., Fehresti, M., & Jebali, A. (2023). Investigating the relationship between dust storm index and some climatic parameters, vegetation index and land form types (Yazd-Ardakan Plain). *Desert Management, 10*(4), 93-108. DOI: 10.22034/JDMAL.2023.1989675.1407 [In Persian]

15. Kargaran, F., Kalantari, S., Ghanei Bafghi, M.J., &Tazeh, M. (2017). The Compare of grading criteria in coarse ripplemark on the windward and leeward slopes (Case Study: Hassan Abad erg in Bafg). Q*uantitative Geomorphology Research, 5*(19), 111-120. DOI: 20.1001.1.22519424.1395.5.3.8.2 [In Persian]

16. Kharazmi, H., Kalantari, S., Sadeghinia, M., & Ghanei Bafghi, M. J. (2023). Investigation of environmental factors affecting the distribution of *Calligonum bungei* species in rangelands of Kerman Province. *Journal of Rangeland*, *17*(2), 285-295. DOI: 20.1001.1.20080891.1402.17.2.8.9 [In Persian]

17. Liu, M., Wei, Y., Li, W., & Wang, J. (2023). Changes in morphology of *Nitraria tangutorum* nebkhas at different successional stages in the Oasis-Desert ecotone, Northwest China. *Polish Journal of Environmental Studies*, *32*(2). DOI: 10.15244/pjoes/155196

18. Maghsoudi, M., Negahban, S., Bagheri said-Shokeri, S., & Chezgheh, S. (2012). Comparative and analysis of nebkas geomorphologic features four plant species in west of Lut (East of Shahdad - Takab plain). *Physical Geography Research, 44*(1), 55-76. DOI: 10.22059/JPHGR.2012.24734 [In Persian]

19. Mehrabi, A. (2020). Detecting areas vulnerable to sand encroachment using remote sensing and GIS techniques; Case study: Rigan, Fahraj and Narmashir counties, Kerman province. *Journal of Natural Environmental Hazards*, *9*(24), 47-62. DOI: 10.22111/JNEH.2019.29225.1505 [In Persian]

20. Negahban, S., Yamani, M., maghsoudi, M., & Azizi, Gh. (2013). Investigating the density, geomorphology and altitudinal zonation of the Nebkas in the western margin of the Lot plain and the effects of vegetation on their morphology. *Quantitative Geomorphological Research, 1*(4), 17-42. DOI: 20.1001.1.22519424.1392.1.4.2.4 [In Persian]

21. Pourkhosravani, M., & Mousavi, S. H. (2016). Analysis of nebka landscape in Negar plain of Bardsir. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, *5*(10), 45-56. [In Persian]

22. Seyedhoseini S, Kalantari S, Jalaliyan A, GhaneiBafghi M.J., & Sadeghinia M. (2023). Investigating the effect of bentonite clay mulch combined with the cultivation of *Nitraria Schoberi* in controlling wind erosion (Case study: Sejzi region of Isfahan). *Environmental Erosion Research journal Hormozgan University*, *13*(3), 131-147. DOI: 20.1001.1.22517812.1402.13.3.7.3 [In Persian]

23. Wang, X., Xiao, H., Li, J., Qiang, M., & Su, Z. (2008). Nebkha development and its relationship to environmental change in the Alaxa Plateau, China. *Environmental Geology*, *56*, 359-365. DOI: 10.1007/s00254-007-1171-22

24. Zehtabian, G., Azarnivand, H., Ahmadi, H., & Kalantari, S. (2013). Presentation of suitable model to estimate vegetation fraction using satellite images in arid region (Case study: Sadough-Yazd, Iran). *Journal of Rangeland Science, 3*(2), 108-117.

25. Zerehi, F., Rezai, M., & Moradi, N. (2021). Statistical analysis of the geological shape of coastal desert nebkas adjacent to the Persian Gulf in order to stabilize quicksands and land use changes of nebkazars (Case study: Hormozgan, Sirik). *Quantitative Geomorphological Research*, *10*(2), 176-196. DOI: 10.22034/GMPJ.2021.259426.1231 [In Persian]

26. Zhai, B., Dang, X. H., Liu, X. J., & Wang, J. (2022). Fertile island effect in the sedimentary process of *Tetraena mongolica Maxim* nebkhas in steppe desert ecotones on the Inner Mongolia plateau, China. *Journal of Mountain Science*, *19*(10), 2791-2805. DOI: 10.1007/s11629-022-7416-4

27. Zhao, H. L., Yi, X. Y., Zhou, R. L., Zhao, X. Y., Zhang, T. H., & Drake, S. (2006). Wind erosion and sand accumulation effects on soil properties in Horqin Sandy Farmland, Inner Mongolia. *Catena*, *65*(1), 71-79. DOI: 10.1016/j.catena.2005.10.001