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

Moien Jahantigh [1] , Mansour Jahantigh [2]*

1- P.h.D candidate of Watershed management science and engineering
moienja23@yahoo.com

2- Associate Professor, Department of Soil Conservation and Water Management, Sistan Agriculture and Natural Resources Research Center, Zabol, Iran
(*Corresponding Author Email: Mjahantigh2000@yahoo.com)

Extended Abstract:

1- Introduction

Existing challenges in arid regions have caused climatic and environmental problems such as low rain, winds with high speed and intensity as well as lack of vegetation. These problems happen by destroying and transporting particles leading to the influx of sand flowing into agricultural lands and residential centers. This is one of the most concerns of residents in the arid and desert region of the country. Because, it causes a lot of life and financial losses, the move of sands, and the formation of sand dunes are influenced by interactions between wind flow, the site of deposition, and the morphology of the sedimentation site that gives rise to wind landforms. The vegetation cover plays an important role in determining the morphology and dynamics by influencing transportation conditions and trapping the sand carried by the winds. This process takes the form of creating a wind vision during a natural reaction, with the creation of the Nebaka phenomenon. The phenomenon appears in desert areas to neutralize wind erosion stress. Accordingly, the presence of vegetation is a prerequisite for Nebakas and controlling the flow of sand flows in arid and desert areas due to the specific climatic conditions in these areas. Numerous studies have been conducted to investigate the effect of vegetation factors on Nebaka formation. The volume of Nebakas is influenced by the vegetative form. The volume of its constituents is different from each other. Vegetation factors have played an important role in the development of Nebakas. Studies have shown that the vegetation cover has the main role in the formation and development of Nebakas so that vegetation reduces sediment replacement and limits its source. Among the critical areas that are referred to as the main focus of wind erosion, the Sistan region has always been affected by wind erosion. The present study was conducted with the aim of investigating the effect of vegetation restoration on morphometric components of Nebaka and its effect on sand dunes stabilization in the Nimroz area of Sistan province.

2- Methodology

To achieve the purpose of the present study, after floodwater spreading and forestry operations in the Nimroz area of Sistan during 2003, parameters of Nebaka including Nebaka high, Nebaka base diameter, Nebaka volume, vegetation cover, plant height, wind direction, and back to the wind in 45 Nebakas to the Tamarix species were measured at different time intervals in a 16-year period by restoration vegetation and installing 5 linear transects with a length of 50 m randomly in the area. Then, by measuring the morphometric properties of Nebakas, the correlation of morphometric components was investigated using correlation analysis and multivariate regression analysis.

3– Results and Discussions

In the correlation analysis regarding the morphometric characteristics of Nebaka, the findings showed that a significant correlation (at the level of 0.99) of the plant characteristics such as vegetation cover and high plant parameters such as Nebaka high, Nebaka base diameter, Nebaka

volume, wind direction, and back to the wind. The multiple regression analysis approved 92.9 percentage of the volume changes of the Nebaka with the vegetation cover. Investigating the amount of sediment stabilized in the Nebaka also showed that increasing vegetation wills increased the volume of Nebaka in such a way that with increasing vegetation, the volume of Nebakas on average increased from .0.53m^3 in 2008 to 15.69m^3 in 2018 with the amount of stabilized sediments increased from 184.97 ton to 879.79 ton. The statistical comparison of the measured data showed that there is a significant difference (at the level of 0.01) between the mean stabilized sediments in Nebakas during the research process. According to the results of the study, the restoration of vegetation in the study area shows a good background for the formation of Nebakas. As a result, a considerable amount of sands has stabilized in these Nebakas.

4– Conclusions

In this study, the role of wind activity in the formation and development of Nebaka areas where wind power was low was confirmed. Based on the result of this research, a significant amount of wind sediments has been stabilized in Nebakas. As a result, the Sistan area is always affected by wind erosion and the problem of sand dunes. The method of restoring vegetation by doing flood and forestry plans in susceptible areas is effective to stabilize the sand with the creation of the Nebaka phenomenon in the study area. Re-vegetation in the study area has provided a good basis for the creation of Nebakas in the region.

Keywords: Canopy Cover, Desertification, Forestry, Sediment, Stabilization.

References

- Ahmed, M., Al-Dousari, N., Al-Dousari, A. (2015). The Role of Dominant Perennial Native Plant Species in Controlling the Mobile Sand Encroachment and Fallen Dust Problem in Kuwait. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(2), 134.
- Al-Awadhi, J. M. (2014). The Effect of a Single Shrub on Wind Speed and Nabkhas Dune Development: A Case Study in Kuwait. *International Journal of Geosciences*, 5(1), 20.
- Corrigan, B. M., Van Wyk, B. E., Geldenhuys, C. J., & Durand, J. F. (2008). Vegetation Cover Changes of the Sand Forest in the KwaNibela Peninsula, St Lucia from 1937–2002. *South African Journal of Botany*, 2(74), 364.
- Dougill, A. J., & Thomas, A. D. (2002). Nebkha Dunes in the Molopo Basin, South Africa and Botswana: Formation Controls and Their Validity as Indicators of Soil Degradation. *Journal of Arid Environments*, 50(3), 413-428.
- Du, J., Yan, P., & Dong, Y. (2010). The Progress and Prospects of Nebkhas in Arid Areas. *Journal of Geographical Sciences*, 20(5), 712-728.
- Haney, A., Bowles, M., Apfelbaum, S., Lain, E., & Post, T. (2008). Gradient Analysis of an Eastern Sand Savanna's Woody Vegetation, and Its Long-Term Responses to Restored Fire Processes. *Journal of Forest Ecology and Management*, 256(8), 1560-1571.
- Jun, R., Lin, T., (2003). A Numerical Taxonomy of the Genus Nitraria from Gansu Province, China. *Journal of Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 23(4), 572–576.
- Karavas, N., Georghiou, K., Arianoutsou, M., & Dimopoulos, D. (2005). Vegetation and Sand Characteristics Influencing Nesting Activity of Caretta Caretta on Sekania Beach. *Journal of Biological Conservation*, 121(2), 177-188.
- Lancaster, N., & Baas, A. (1998). Influence of Vegetation Cover on Sand Transport by Wind: Field Studies at Owens Lake, California. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Group*, 23(1), 69-82.
- Lang, L., Wang, X., Hasi, E., & Hua, T. (2013). Nebkha (Coppice Dune) Formation and Significance to Environmental Change Reconstructions in Arid and Semiarid Areas. *Journal of Geographical Sciences*, 23(2), 344-358.

جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی
سال ۳۱، پیاپی ۷۸، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صص ۱۲۰- ۱۰۵
نوع مقاله: پژوهشی
وصـول: ۱۳۹۸/۸/۱۸ پـذیرش: ۱۳۹۹/۶/۳۰

تأثیر احیای پوشش گیاهی بر مؤلفه‌های مورفومتری نبکا و نقش آن در تثبیت شن‌های روان منطقهٔ نیمروز سیستان

معین جهان‌تیغ، دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گرگان

moienja23@yahoo.com

منصور جهان‌تیغ *، دانشیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

mjahantigh2000@yahoo.com

چکیده

پوشش گیاهی نقش بسزایی در تعیین دینامیک و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای در محیط‌های بیابانی دارد. وجود پوشش گیاهی در سطح زمین با حفاظت از سطح خاک و تأثیر بر شرایط حمل‌ونقل رسوبات حمل‌شده با باد موجب ایجاد چشم‌انداز بادی طی واکنشی طبیعی با ایجاد پدیدهٔ نبکا در مناطق بیابانی می‌شود؛ این فرایند برای خنثی‌کردن تنش فرسایش بادی در این مناطق به وقوع می‌پیوندد. هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی تأثیر احیای پوشش گیاهی بر مؤلفه‌های مورفومتری نبکا و نقش آن در تثبیت شن‌های روان سیستان است. به این منظور پس از اجرای طرح پخش سیلاب و جنگل‌کاری در منطقهٔ نیمروز سیستان طی سال ۱۳۸۲، با احیای پوشش گیاهی در عرصه، براساس روش تک‌بعدی و با استقرار ۵ ترانسکت خطی به طول ۵۰ متر به‌طور تصادفی، پارامترهایی همچون ارتفاع، قطر قاعده، حجم نبکا، قطر تاج پوشش، ارتفاع گیاه، دامنهٔ رو به باد و دامنهٔ پشت به باد در ٤٥ نبکا مربوط به گونهٔ گز (*Tamarix*) در بازه‌های زمانی مختلف طی دوره‌ای ١٦ساله اندازه‌گیری شد. با اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفومتری نبکاها، همبستگی مؤلفه‌های مورفومتری براساس آنالیز همبستگی و تحلیل رگرسیون چندمتغیره بررسی شد. در بررسی همبستگی معیارها، یافته‌ها نشان داد عوامل پوشش گیاهی با مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها همبستگی معناداری دارد. نتایج حاصل از تحلیل رگرسیون چندگانه نیز مبین توجیه ۹۲/۹درصدی تغییرات حجم نبکاها با مؤلفهٔ مساحت تاج پوشش گیاهی است. در بررسی رسوبات تثبیت‌شده در نبکاها نیز یافته‌ها حاکی است با رشد پوشش گیاهی، حجم نبکاها به‌طور میانگین از ۰/۵۳ به ۱۵/٦۹ مترمکعب افزایش یافته که پیرو آن، میزان رسوب نیز از ۱۸٤/۹۷ به ۸۷۹/۷۹ تن افزایش یافته است. مقایسهٔ آماری داده‌های اندازه‌گیری‌شده نشان داد اختلاف معناداری بین میانگین مقدار رسوب تثبیت‌شده (در سطح یک درصد) در نبکاها وجود دارد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، احیای پوشش گیاهی با پخش سیلاب و جنگل‌کاری در مکان‌های مناسب، راهکار کارآمدی برای تثبیت شن‌های روان در منطقهٔ پژوهش است.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، تثبیت، تاج پوشش، جنگل‌کاری، رسوب

*نویسنده مسؤول

Copyright©2020, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they can’t change it in any way or use it commercially.

Doi: 10.22108/gep.2020.119973.1225

مقدمه

پوشش گیاهی نقش مهمی در تعیین دینامیک و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای در محیط‌های بیابانی با تأثیر بر حمل و ترسیب ماسه‌هایی دارد که با باد حمل می‌شوند (Lancaster & Baas, 1998: 69). در شرایط کنونی حدود ۳۰ میلیون هکتار از اراضی کشور متأثر از فرسایش بادی است؛ این در حالی است که فقر پوشش گیاهی و سطح وسیع دشت‌ها همراه با حساسیت آنها به فرسایش موجب شکل‌زایی باد در این مناطق می‌شود (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۸: ٤۳). وقوع این فرایند با تخریب و حمل‌ونقل ذرات به بروز پیامدهایی ازجمله هجوم ماسه‌های روان به اراضی کشاورزی و مراکز سکونتگاهی و همچنین راههای ارتباطی می‌انجامد که ضمن نابودی آنها، گسترش مناطق بیابانی و مهاجرت ساکنان این مناطق را در پی دارد (محمودی و همکاران، ۱۳۹۲: ٦۷)؛ از این رو پوشش گیاهی ازجمله عوامل مؤثر بر حفاظت از سطح زمین به شمار می‌رود که تخریب آن نقش بسزایی در ازهم‌گسیختگی ذرات خاک و حرکت مواد با باد دارد. نوع و تراکم پوشش گیاهی باعث دینامیک رسوبات در سیستم می‌شود؛ به گونه‌ای که با ایجاد ناهمواری در سطح زمین ضمن کاهش سرعت باد از انتقال رسوب نیز می‌کاهد و منبع آن را محدود می‌کند؛ بر این اساس وجود پوشش گیاهی در سطح زمین با تأثیرگذاشتن بر شرایط حمل‌ونقل باعث ترسیب مواد حمل‌شده با باد می‌شود (Corrigan et al., 2008: 364; Karavas et al., 2005: 179). این فرایند در قالب ایجاد چشم‌انداز بادی طی واکنشی طبیعی با ایجاد پدیدهٔ نبکا در مناطق بیابانی نمایان می‌شود که برای خنثی‌کردن تنش فرسایش بادی در مناطق بیابانی به وقوع می‌پیوندد (یوسفی و همکاران، ۱۳۹٦: ۱).

پیشینهٔ پژوهش

پژوهش‌های متعددی درزمینهٔ بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر تشکیل نبکا و نقش آن در تثبیت شن‌های روان انجام شده است؛ ازجمله:

زیزونگ و همکاران[1] (۲۰۱۰) در پژوهشی تأثیر پوشش گیاهی را بر نبکاهای حوضهٔ آبخیز رودخانهٔ هوتان[2] در کشور چین بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها با بررسی ویژگی‌های بوم‌شناختی و اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها، بیان‌کنندهٔ آن بود که حجم نبکاها متأثر از فرم رویشی و حجم گونهٔ گیاهی تشکیل‌دهندهٔ آنها متفاوت بوده و ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه نقش بسزایی در توسعهٔ این نبکاها داشته است.

در پژوهشی دیگر، الاوادهی[3] (۲۰۱٤) تأثیر ویژگی‌های پوشش گیاهی را بر مورفولوژی نبکاهای ساحلی شمال شرق کویت با اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری نبکا بررسی کرد و به این نتیجه رسید که ارتفاع نبکا با ارتفاع گیاه و طول نبکا با پارامترهای ارتفاع و مساحت تاج پوشش گیاه همبستگی معناداری دارد.

لو و همکاران[4] (۲۰۱٦) در پژوهشی مبنی بر بررسی ارتباط ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه و اثر آن بر مراحل رشد نبکا در بخش‌های بیابانی چین با بررسی گونه‌های گیاهی و اندازه‌گیری ویژگی‌های پوشش گیاهی و اثر آن بر

1. Zhizhong et al.
2. Hotan River
3. Al-Awadhi
4. Luo et al.

مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها، دریافتند تراکم گونه‌های گیاهی در مراحل رشد نبکاها معنادار است و با توسعهٔ نبکاها، غنای گیاهی و تراکم آنها افزایش یافته است.

ال- دوساری و همکاران[1] (۲۰۱۸) تأثیر پوشش گیاهی را بر تشکیل نبکا و تثبیت شن‌های روان در کشور کویت بررسی کردند.

در پژوهش‌های انجام‌شده در داخل کشور نیز پورخسروانی و همکاران (۱۳۸۸) ارتباط مورفولوژی گیاهی را با مورفومتری نبکاهای گونهٔ روماریا تورسستانیکا مدنظر قرار دادند. نتایج پژوهش آنها نشان داد میان ارتفاع گیاه و قطر تاج پوشش با ارتفاع نبکا در سطح احتمال کمتر از ۱ درصد و با ضریب تبیین به‌ترتیب ۵۸ و ٥٤ درصد، ارتباط معناداری برقرار است و براساس تحلیل رگرسیون چندگانه، ٧٤ درصد تغییرات ارتفاع نبکا با دو مؤلفهٔ عمودی و افقی پوشش گیاهی توجیه‌پذیر بوده است.

نتایج پژوهش نگهبان و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی اثر پوشش گیاهی بر مورفولوژی نبکاهای حاشیهٔ غربی دشت لوت با اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفومتری نبکاها و ویژگی‌های پوشش گیاهی و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد همبستگی عناصر مورفومتری نبکاهای مربوط به هر گونهٔ گیاهی در پلات‌های اندازه‌گیری‌شده متفاوت است. آنها دلیل این امر را اثر متفاوت عوامل تأثیرگذار بر نبکاها ازجمله اندازهٔ پوشش گیاهی و فرایندهای بادی بر قسمت‌های مختلف منطقهٔ پژوهش گزارش کرده‌اند.

ترنج‌زر و فتحی (١٣٩٤) در بررسی ویژگی‌های مورفومتری نبکاهای تیپ گیاهی قره‌داغ کویر میقان با اندازه‌گیری مؤلفه‌های مورفومتری در ٢٦ نبکا و تجزیه و تحلیل آماری آنها به این نتیجه رسیدند که همبستگی معناداری بین حجم نبکا با عوامل پوشش گیاهی مانند قطر تاج پوشش و مساحت پوشش گیاهی (r= ۰/٦٨) وجود دارد و با تشکیل این نبکاها در منطقه، حجم زیادی از خاک این محدوده تثبیت شده است.

افزون بر این، عرب‌عامری و حلبیان (١٣٩٦)، یوسفی و همکاران (۱۳۹۸) و نگهبان و روشن[2] (۲۰۲۰) نیز با بررسی مورفولوژی گیاهی و ارتباط آن با مؤلفه‌های مورفومتری نبکا، تأثیر پوشش گیاهی را بر تشکیل نبکا و تثبیت تپه‌های ماسه‌ای ارزیابی کردند.

بررسی پیشینهٔ پژوهش نشان می‌دهد پوشش گیاهی نقش بسزایی در تشکیل و توسعهٔ نبکاها دارد؛ به‌طوری که از انتقال رسوب می‌کاهد و منبع آن را محدود می‌کند. این مهم با توجه به گسترش مناطق بیابانی و فقر پوشش گیاهی در مناطق خشک، نیازمند ارائهٔ راهکارهایی مناسب برای احیای پوشش گیاهی و پیرو آن، کنترل حرکت شن‌های روان در این مناطق است که در پژوهش‌های انجام‌شده کمتر مدنظر قرار گرفته است.

ازجمله مناطق بحرانی کشور، منطقهٔ سیستان است که همواره در معرض فرسایش بادی و هجوم شن‌های روان قرار دارد. پیامد این فرایند، تسریع سیر قهقرایی و بروز مشکلات زیست‌محیطی است که حیات ساکنان این منطقه را تهدید می‌کند؛ بنابراین ارائهٔ راهکارهایی مناسب با توجه به اصل همزیستی برای فائق‌آمدن بر مشکلات ناشی از هجوم شن‌های روان و تثبیت آنها در این منطقه، امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است و بستری مناسب را برای کنترل کانون‌های فرسایشی در این منطقه فراهم می‌کند؛ بر این اساس و نبود پژوهش‌های پیشین در منطقهٔ مدنظر، هدف از

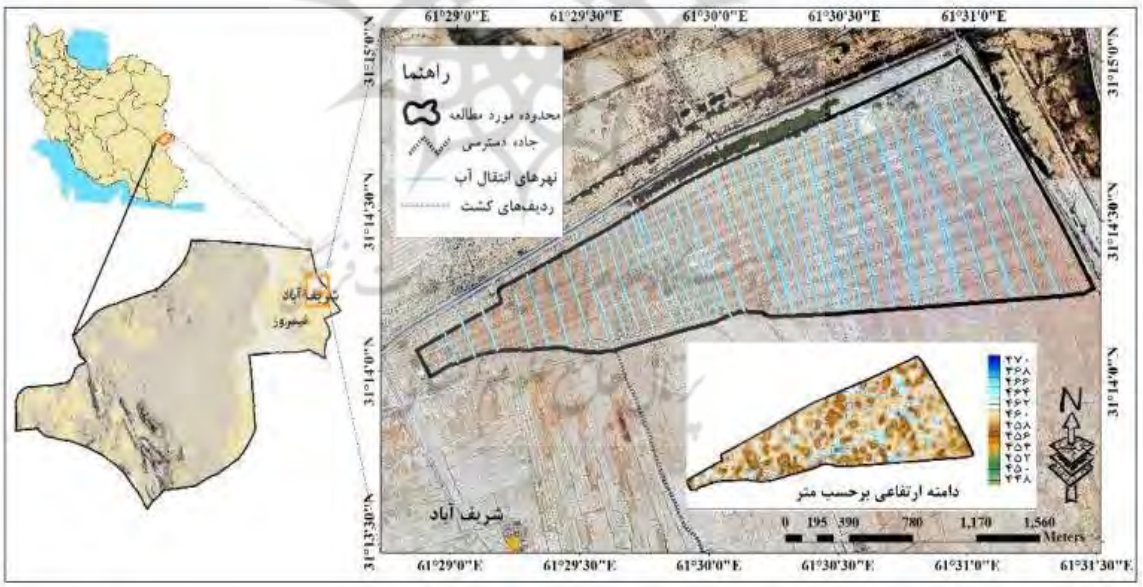
1. Al-Dousari et al.
2. Negahban and Roshan

انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر احیای پوشش گیاهی بر مؤلفه‌های مورفومتری نبکا و نقش آن در تثبیت شن‌های روان در منطقهٔ نیمروز سیستان است.

روش‌شناسی پژوهش

معرفی منطقهٔ پژوهش

محدودهٔ پژوهش در شرق کشور و شمال استان سیستان و بلوچستان قرار دارد و از توابع شهرستان نیمروز با مختصات ٦١ درجه و ٢٩ دقیقه تا ٦١ درجه و ٣١ دقیقه طول شرقی و ٣١ درجه و ١٤ دقیقه تا ٣١ درجه و ١٤ دقیقه و ٣٠ ثانیه عرض شمالی است. این منطقه در ارتفاع متوسط ٤٨٠متری از سطح دریا واقع شده است (شکل ١). متوسط بارندگی محدوده، ٤٧ میلی‌متر و میانگین درجه‌حرارت، متوسط حداکثر و حداکثر مطلق سالیانه به‌ترتیب ١٨، ٢٥ و ٤٣ درجهٔ سانتی‌گراد است (جهان‌تیغ و جهان‌تیغ، ١٣٩٦: ١٢). این محدوده تبخیر زیاد و رطوبت کمی دارد؛ به‌طوری که متوسط رطوبت سالیانهٔ آن، ٢٨ درصد و تبخیر آن، حدود ٥ متر در سال است. سیستان بیشترین روزهای همراه با گرد و غبار را در جهان دارد؛ به‌طوری که هرساله به‌طور متوسط ١٦٠/٧ روز از سال وزش باد به همراه طوفان و گرد و غبار در آن وجود دارد که به متلاشی‌شدن زیست‌بوم آن انجامیده است (جهان‌تیغ و جهان‌تیغ، ١٣٩٨: ٥٩). پوشش گیاهی این محدوده را عمدتاً گیاهان شورپسند و مقاوم به خشکی مانند گز[1]، خارشتر[2]، سالسولا[3]، سئودا[4] و بونو[5] تشکیل می‌دهد. خاک منطقه بافت متوسط دارد که به شوری متمایل و ازلحاظ مواد غذایی عمدتاً فقیر است.



شکل ١. منطقهٔ پژوهش در شهرستان، استان و کشور

[1]. Tamarix
[2]. Alhagi mannifera
[3]. Salsola rigida
[4]. Suaeda fruticosa
[5]. *Aeluropus lagopoides*

داده‌های گردآوری‌شده

در این پژوهش گردآوری اطلاعات به‌صورت کتابخانه‌ای و میدانی انجام شده است. از روش کتابخانه‌ای برای گردآوری اطلاعات مربوط به مبانی نظری و شاخص‌های پژوهشی و از روش‌های میدانی برای گردآوری داده‌ها با بهره‌گیری از اندازه‌گیری‌های میدانی طی دوره‌ای ۱۶ساله و در سه بازهٔ زمانی مختلف (۱۳۸۷، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷) استفاده شده است. پارامترهای مطالعه‌شده در دو بخش مربوط به ویژگی‌های مورفومتری نبکا و ویژگی‌های پوشش گیاهی در ۱۳۵ نبکای مشاهداتی از نوع گونهٔ گیاهی گز (*Tamarix*) بررسی شده است (جدول ۱)؛ همچنین برای بررسی ویژگی‌های مورفومتری نبکاها از متر و دستگاه GPS و برای تعیین بافت خاک از چگال‌سنج نوع ASTM –۱۵۲H استفاده شده است.

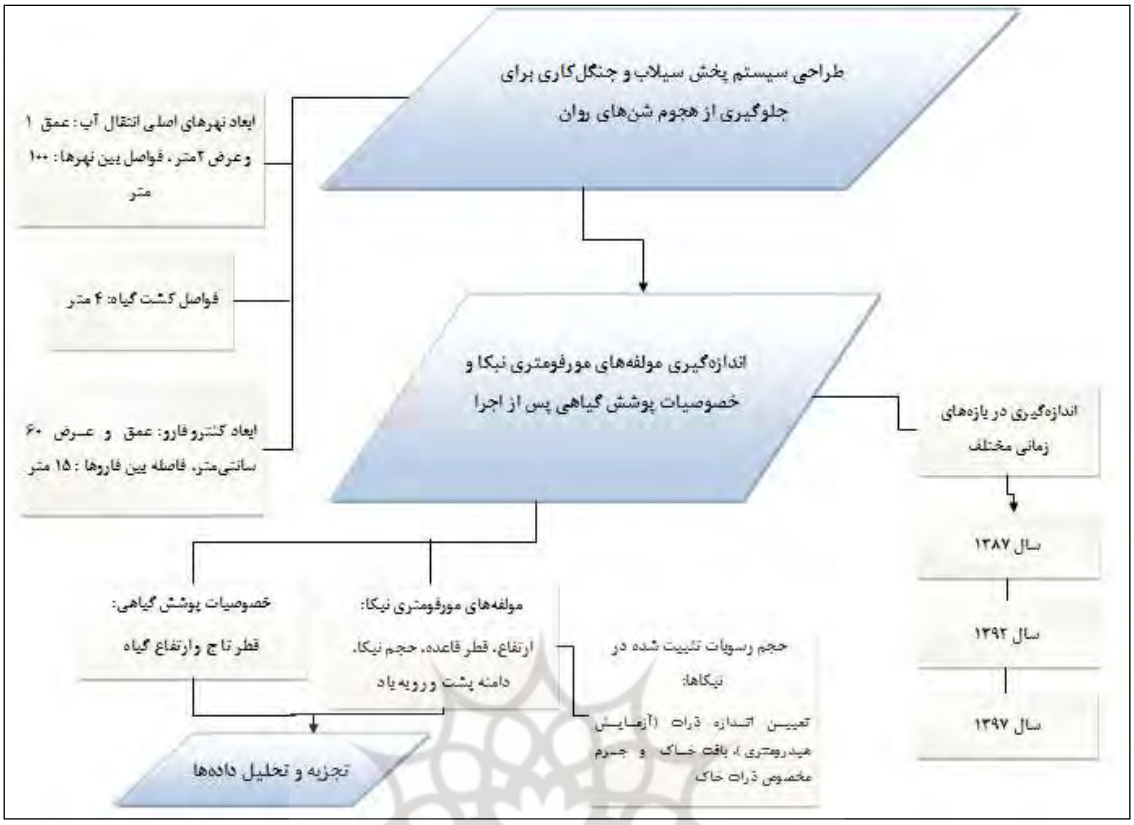
جدول ۱. مؤلفه‌های استفاده‌شده در این پژوهش

مؤلفه‌های مطالعه‌شده	پارامترهای مطالعه‌شده	منبع
ویژگی‌های مورفومتری نبکا	ارتفاع نبکا (متر) قطر قاعدهٔ نبکا (متر) حجم نبکا (مترمکعب) دامنهٔ رو به باد (متر) دامنهٔ پشت به باد (متر)	Lang et al., 2013؛ پورخسروانی و همکاران، ۱۳۸۸؛ پورخسروانی و گلی‌مختاری، ۱۳۹۵؛ عرب‌عامری و حلبیان، ۱۳۹۶
ویژگی‌های پوشش گیاهی	ارتفاع گیاه (متر) قطر تاج پوشش گیاه (متر)	Al-Awadhi, 2014؛ نگهبان و همکاران، ۱۳۹۲

روش پژوهش

فرایند اجرای این پژوهش مطابق با شکل ۲ و برپایهٔ مقایسهٔ مؤلفه‌های مورفومتری نبکا و ویژگی‌های پوشش گیاهی طی یک دورهٔ زمانی ۱۶ساله پس از اجرای عملیات پخش سیلاب و جنگل کاری ادارهٔ منابع طبیعی شهرستان زابل انجام شده است. گفتنی است اجرای این طرح در سال ۱۳۸۲ با هدف جلوگیری از مدفون‌شدن روستای شریف‌آباد در پایین‌دست عرصهٔ مطالعه‌شده انجام شده که متأثر از فرسایش بادی و هجوم شن‌های روان است.

طی عملیاتی میدانی، ویژگی‌های پوشش گیاهی و مؤلفه‌های مورفومتری نبکا ازجمله ارتفاع نبکا، قطر قاعدهٔ نبکا، حجم نبکا، قطر تاج پوشش گیاه، ارتفاع گیاه، دامنهٔ رو به باد و دامنهٔ پشت به باد طی سه بازهٔ زمانی مختلف پس از اجرای طرح اندازه‌گیری شد. بدین منظور پس از استقرار پوشش گیاهی و ایجاد نبکا در منطقه در سال ۱۳۸۷ براساس روش تک‌بعدی و واحد نمونه‌برداری طولی با استقرار ۵ ترانسکت خطی به طول ۵۰ متر به‌طور تصادفی پارامترهای یادشده برای ٤٥ نبکا با پراکنش مناسب در سطح عرصهٔ پژوهش اندازه‌گیری شد (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۲: ۲۳؛ پورخسروانی و گلی‌مختاری، ۱۳۹۵: ۲۲۳– ۲۲٤). این فرایند به‌ترتیب در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۷ نیز تکرار شد. در شکل ۳، نمایی از پارامترهای اندازه‌گیری‌شده در نبکاهای منتخب ارائه شده است.



شکل ۲. مراحل اجرای پژوهش حاضر در محدودهٔ پژوهش

شکل ۳. نمایی از پارامترهای اندازه‌گیری‌شده روی نبکاهای محدودهٔ پژوهش

محاسبهٔ حجم و وزن رسوبات تثبیت‌شده در نبکاها

به‌منظور بررسی میزان حجم رسوبات تثبیت‌شده در نبکاها از رابطهٔ ۱ استفاده شد (Dougill and Thomas, 2002: 417).

$$v = 0.5(0.33\pi r^2 h) \qquad \text{رابطهٔ ۱}$$

در این رابطه، V حجم مخروط نبکا به مترمکعب، r شعاع قاعدهٔ مخروط نبکا و h ارتفاع مخروط نبکا به متر است؛ همچنین به‌منظور تعیین بافت خاک از ۱۵ نبکا از اعماق ۰ تا ۲۰، ۲۰ تا ٤٠ و ٤٠ تا ٦٠ سانتی‌متری رسوبات با استفاده از آگر نمونه‌برداری و آزمایش بافت برای این نمونه‌ها به روش هیدرومتری انجام شد (علی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۷: ۷۰۳). در تعیین بافت نمونه‌های برداشت‌شده از نبکاها، نخست با استفاده از مادهٔ گلگان (هگزا متافسفات سدیم) و دستگاه همزن، جداسازی ذرات انجام و براساس روش هیدرومتری درصد ذرات شن، سیلت و رس تعیین شد (شکل ٤ و جدول ۲).

شکل ٤. نمایی از آزمایش هیدرومتری نمونه‌های رسوب برداشت‌شده

جدول ۲. تجزیه و تحلیل ذرات تشکیل‌دهندهٔ رسوبات

نمونه	درصد ذرات تشکیل‌دهندهٔ بافت رسوبات			بافت رسوبات
	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس	
۱	۸۰	٥	۱٥	Sandy LOAM
۲	۸۱	٦	۱٤	Sandy LOAM
۳	۷۹	٥	۱٦	Sandy LOAM
٤	۷٥	٦	۱۹	Sandy LOAM
٥	۷٦	٥	۱۹	Sandy LOAM
٦	۹۰	٤	٦	Sandy
۷	۷۸	٥	۱۷	Sandy LOAM
۸	۸۹	٥	٦	Sandy
۹	۸٥	٦	۹	Sandy LOAM
۱۰	۹۱	٤	٥	Sandy
۱۱	۸۰	٦	۱٤	Sandy LOAM
۱۲	۸٦	٦	۸	Sandy LOAM
۱۳	۷۳	٦	۲۱	Sandy LOAM
۱٤	۸٥	٦	۹	Sandy
۱٥	۹۱	٤	٥	Sandy

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

در ادامه با تعیین بافت خاک به منظور به‌دست‌آوردن میزان وزن رسوبات نگهداری‌شده با نبکاها، با توجه به بافت رسوبات منطقه و تعیین وزن مخصوص ظاهری نمونه های رسوب (براساس روش ASTM)، وزن ذرات جامد رسوبات (Ms) براساس رابطهٔ ۲ محاسبه شد.

$$Pb = \frac{Ms}{\mathrm{Vt}}$$ رابطهٔ ۲

در این رابطه، P_b وزن مخصوص ظاهری، M_s ذرات جامد خاک برحسب تن و V_t حجم کل خاک برحسب مترمکعب است. در ادامه با اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفومتری نبکاها، همبستگی مؤلفه‌های مورفومتری براساس آنالیز همبستگی و تحلیل رگرسیون چندمتغیره بررسی شد. به منظور مقایسهٔ آماری ویژگی های مورفومتری نبکاها، ضمن بررسی نرمال‌بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف، از آزمون t در محیط نرم‌افزاری SPSS۲۳ استفاده شد (ترنج‌زر و فتحی، ۱۳۹٤: ۳۸؛ عرب‌عامری و حلبیان، ۱۳۹٦: ۹۸).

یافته‌های پژوهش

بررسی ویژگی‌های مورفولوژی نبکاها

نتایج آمار توصیفی مؤلفه های مورفومتری نبکاهای منتخب مربوط به گونهٔ گیاهی از نوع گز (*Tamarix*) طی سه بازهٔ زمانی مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. با اجرای عملیات پخش سیلاب و جنگل کاری، با استقرار اولیهٔ پوشش گیاهی در سال ۱۳۸۷، بیشترین ارتفاع نبکاهای اندازه گیری شده، ۱/۲ و کمترین آن، ۰/۸ متر و میانگین ارتفاع نبکاها، ۱/۰۲ و دامنهٔ آن، ۰/٤ متر است. حداکثر حجم نبکاها، ۰/٦۲۹ و حداقل آن، ۰/۲٦۵ مترمکعب و بیشترین قطر تاج پوشش و ارتفاع گیاه به ترتیب برابر با ۰/۸٤ و ۱ متر است؛ همچنین بیشترین اندازهٔ دامنهٔ پشت به باد برابر با ۱/۷ و بیشترین اندازهٔ دامنهٔ رو به باد برابر با ۱ متر است. براساس اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در سال ۱۳۹۲، روند تغییرات این عوامل نسبت به سال ۱۳۸۷ به ترتیب ۱/۸+، ۰/٦٦+، ۰/۷۵+، ۰/۲+، ۰/۱٦+ و ۰/۲۲+ و در سال ۱۳۹۷ نسبت به سال ۱۳۹۲ به‌ترتیب برابر با ۱۳/٦۲+، ۰/۸۱+، ۱/۲+، ۰/٤+، ۱/۵۲+ و ۱/۷+ است که درمجموع طی دورهٔ بررسی‌شده، مؤلفه های مورفومتری نبکاها به طور جالب توجهی افزایش یافته است. نمایی از استقرار پوشش گیاهی و تشکیل نبکاها طی سال‌های بررسی‌شده در شکل ۵ ارائه شده است.

در بررسی آمار توصیفی مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها نتایج نشان‌دهندهٔ تغییرات محسوس مقادیر دامنه، حداقل، حداکثر و میانگین تمام پارامترهای مطالعه‌شده است؛ به‌طوری که طی دورهٔ بررسی‌شده همهٔ مؤلفه‌های مطالعه‌شده به‌طور چشمگیری افزایش یافته‌اند. در تحلیل همبستگی معیارهای مورفومتری نبکاهای منتخب یافته‌ها نشان داد همبستگی عوامل مربوط به پوشش گیاهی (ارتفاع گیاه و قطر تاج پوشش) با سایر مؤلفه های بررسی شده در سطح ۹۹ درصد معنادار است که همبستگی زیاد این مؤلفه را با سایر مؤلفه‌های بررسی‌شده نشان می‌دهد. این امر حاکی از تأثیرپذیری بسیار زیاد ویژگی های مورفومتری نبکا (متغیرهای وابسته) از این دو متغیر مستقل است؛ به بیان دیگر با احیای پوشش گیاهی در منطقهٔ پژوهش و رشد و تکامل آن (گونهٔ گیاهی از نوع *Tamarix*)، ارتفاع و قطر تاج گیاه افزایش یافته که این فرایند باعث ایجاد و توسعهٔ نبکاها در منطقهٔ پژوهش شده است (جدول ۳).

جدول ۳. مشخصات آمار توصیفی پارامترهای مورفومتری نبکاهای منتخب

سال ۱۳۸۷

مؤلفه	دامنه	حداقل	حداکثر	میانگین	واریانس	انحراف معیار	چولگی
ارتفاع نبکا (متر)	۰/٤	۰/۸	۱/۲	۱/۰۲	۰/۰۲۲	۰/۱٤۸	−۰/٥٥۲
قطر قاعدهٔ نبکا (متر)	۰/٦	۱/٦	۲/۲	۲/۰	۰/۰٦۰	۰/۲٤٤	−۱/۳٦
حجم نبکا (مترمکعب)	۰/٤۲٤	۰/۲٦٥	۰/٦۲۹	۰/٥۳	۰/۰۲۷	۰/۱٦۳	−۱/٤۱
ارتفاع گیاه (متر)	۰/۳۷۰	۰/٦۳	۱/۰	۰/۸۲	۰/۰۲	۰/۱٤۳	−۰/۲٤٤
قطر تاج پوشش گیاه (متر)	۰/۲٤۰	۰/٦	۰/۸٤	۰/۷۲	۰/۰۱۱	۰/۱۰٦	۰/۱٦٤
دامنهٔ رو به باد (متر)	۱	۱	۲	۱/٤۸	۰/۱۸۷	۰/٤۳۲	۰/۰٤۱
دامنهٔ پشت به باد (متر)	۰/۹	۱/۷	۲/٦	۲/۲٦	۰/۱٥۳	۰/۳۹۱	−۰/۸۷۹

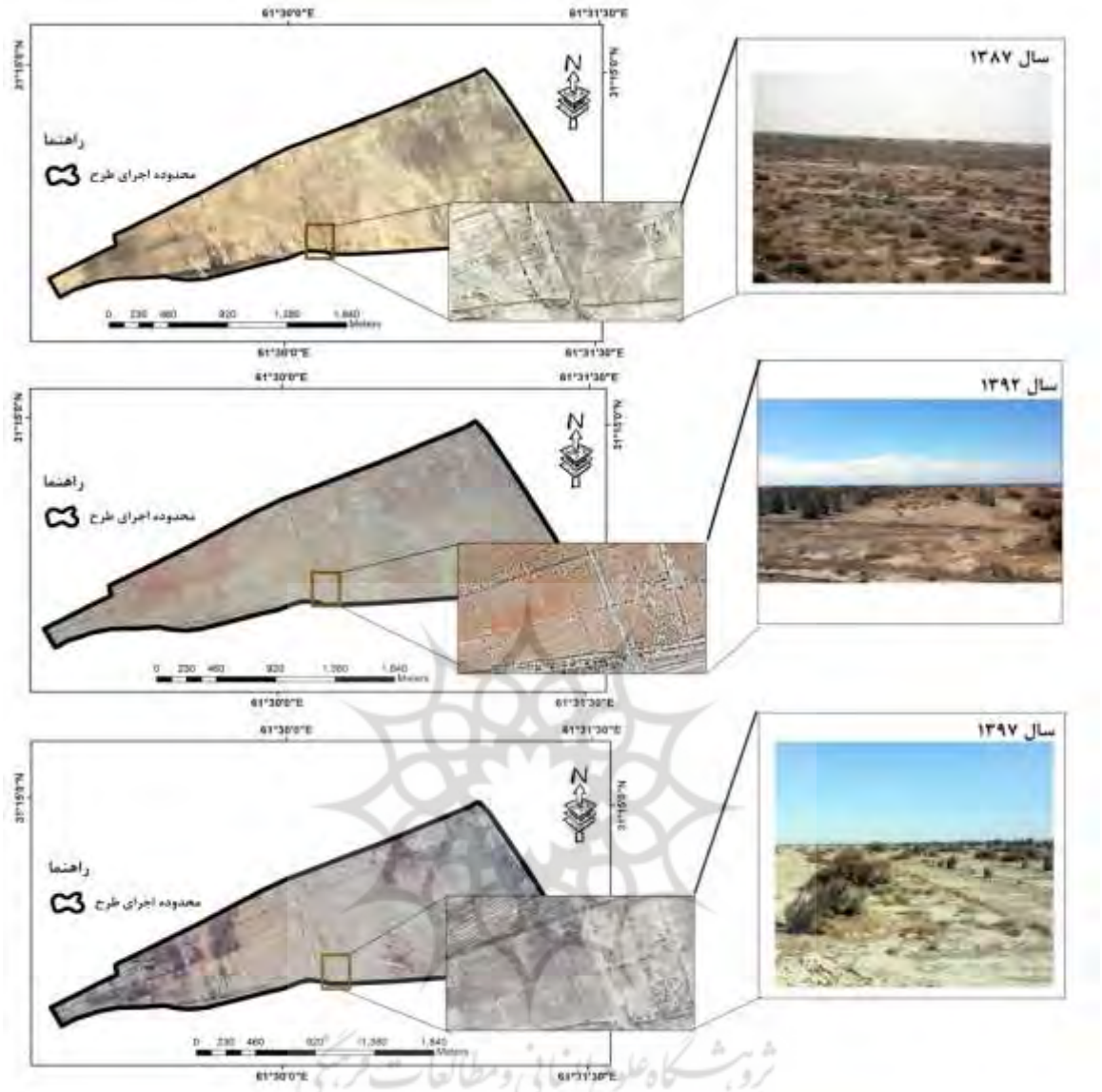
سال ۱۳۹۲

مؤلفه	دامنه	حداقل	حداکثر	میانگین	واریانس	انحراف معیار	چولگی
ارتفاع نبکا (متر)	۰/٥	۱/٤	۱/۹	۱/٦۸	۰/۰۳۷	۰/۱۹۲	−۰/٥۹۰
قطر قاعدهٔ نبکا (متر)	۰/٦	۳/۰	۳/٦	۳/۲٤	۰/۰٦۸	۰/۲٦۰	۰/٥٤۱
حجم نبکا (مترمکعب)	۱/٥٥	۱/٦۳	۳/۱۸	۲/۳۲	۰/۳۷۳	۰/٦۱۰	۰/٤۲٥
ارتفاع گیاه (متر)	۰/۱	۱/۰	۱/۱	۱/۰۲	۰/٤۱۲	۰/٥۷	۱/٥
قطر تاج پوشش گیاه (متر)	۰/٥۳	۱/۲	۱/۷۳	۱/٤۷	۰/۰٤٤	۰/۲۱۲	−۰/۰۸٥
دامنهٔ رو به باد (متر)	۰/۹	۱/۱	۲	۱/٦۲	۰/۱۱۷	۰/۳٤۲	−۰/۸٤٥
دامنهٔ پشت به باد (متر)	۱/۱	۱/۷	۲/۸	۲/٤۸	۰/۱٦۷	۰/٤۰۸	−۰/۲۷٤

سال ۱۳۹۷

مؤلفه	دامنه	حداقل	حداکثر	میانگین	واریانس	انحراف معیار	چولگی
ارتفاع نبکا (متر)	۲	۱/٥	۳/٥	۲/٤۹	۰/۳۸٤	۰/٦۱۹	۰/۳۸۱
قطر قاعدهٔ نبکا (متر)	٥/٤	۳/٤	۸/۸	٦/۳۷	۲/۹٦	۱/۷۲	۰/۲۳۰
حجم نبکا (مترمکعب)	۲۹/۸٥	۳۲/۰۹	۲/۲٤	۱٥/٦۹	۱۰٦/۷	۱۰/۳۳	۰/۲٥۱
ارتفاع گیاه (متر)	۱	۰/۸	۱/۸	۱/٤۲	۰/۰۷۲	/۱۷٦	۰/۳۷۲
قطر تاج پوشش گیاه (متر)	۳/٥	۱/٥	٥	۲/٦۷	۰/۹٤٥	۰/۹۷۲	۰/۹۳۳
دامنهٔ رو به باد (متر)	۳/۳	۱/۷	٥	۳/۰۷	۰/۷۹۸	۰/۸۹۳	۰/۰۷۷
دامنهٔ پشت به باد (متر)	٥/٤	۲	۷/٤	٤/۲۲	۱/٦۸	۱/۲۹۷	۰/۳۳۲

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۵. وضعیت پوشش گیاهی و نبکاهای تشکیل‌شده در محدودهٔ پژوهش طی سه بازهٔ زمانی مختلف (۱۳۸۷-۱۳۹۲- ۱۳۹۷)

تحلیل همبستگی ویژگی‌های مورفومتری نبکاهای منتخب

نتایج حاصل از همبستگی مؤلفه های مورفومتری نبکاهای گونهٔ گیاهی گز در جدول ٤ ارائه شده است. تحلیل همبستگی معیارهای مورفومتری نبکاهای منتخب نشان می‌دهد ارتفاع نبکا با سه مؤلفهٔ قطر تاج پوشش، دامنهٔ رو به باد و پشت به باد همبستگی معنادار دارد، اما با سایر مؤلفه‌های بررسی‌شده هیچ‌گونه همبستگی نشان نمی‌دهد؛ درمقابل همبستگی ارتفاع گیاه با سایر مؤلفه‌های بررسی‌شده در سطح ۹۹ درصد معنادار است که همبستگی زیاد این مؤلفه را با سایر مؤلفه‌های بررسی‌شده نشان می‌دهد. این فرایند بیان‌کنندهٔ آن است که با افزایش ارتفاع این گونهٔ گیاهی، میزان ماسهٔ بیشتری با اندام های هوایی گیاه به دام افتاده که موجب گسترش و تکامل تپهٔ نبکا در همهٔ جهت ها شده است. در

بررسی ارتباط قطر تاج پوشش با سایر مؤلفه‌ها نیز، یافته‌ها حاکی از همبستگی زیاد این معیار با سایر مؤلفه‌های بررسی‌شده است. این مسئله بیان‌کنندهٔ این امر است که قطر تاج پوشش نقش بسزایی در توسعه و تکامل نبکاهای مطالعه‌شده داشته که این مهم با اجرای عملیات جنگل‌کاری و استقرار پوشش گیاهی در منطقه صورت گرفته است؛ بر این اساس ارتفاع گیاه و قطر تاج پوشش که دو متغیر مستقل هستند (به‌جز با یکدیگر) با همهٔ مؤلفه‌های مورفومتری نبکا همبستگی زیاد دارند که این امر نشان‌دهندهٔ تأثیرپذیری بسیار زیاد ویژگی‌های مورفومتری نبکا (متغیرهای وابسته) از این دو متغیر مستقل است. ویژگی‌های منتخب دیگر که به‌نوعی متغیر وابسته به شمار می‌روند نیز، همبستگی معناداری با سایر مؤلفه‌های مطالعه‌شده دارند.

جدول ٤. تحلیل همبستگی معیارهای مورفومتری نبکاهای مطالعاتی

متغیر	ارتفاع نبکا (متر)	ارتفاع گیاه (متر)	قطر تاج پوشش گیاه (متر)	حجم نبکا (مترمکعب)	دامنهٔ رو به باد (متر)	دامنهٔ پشت به باد (متر)
ارتفاع نبکا (متر)	۱					
ارتفاع گیاه (متر)	۰/۲۹۰	۱				
قطر تاج پوشش گیاه (متر)	۰/٤۲٤*	۰/۷۸٦**	۱			
حجم نبکا (مترمکعب)	۰/۳۰۷	۰/۸۰۹**	۰/۸۸٤**	۱		
دامنهٔ رو به باد (متر)	۰/٤۲٤*	۰/۸۲۹**	۰/۸٤٥**	۰/۹٦٥**	۱	
دامنهٔ پشت به باد (متر)	۰/٤۷۹**	۰/۸۳۰**	۰/۸٦۲**	۰/۸٦۲**	۰/۹۱٤**	۱

*رابطه در سطح ۹۵ درصد معنادار است.　　**رابطه در سطح ۹۹ درصد معنادار است.

معادلات رگرسیونی گام‌به‌گام بین صفات مربوط به نبکاها با عوامل پوشش گیاهی

به‌منظور برآورد معادلات رگرسیونی گام‌به‌گام بین صفات مربوط به نبکاها با عوامل پوشش گیاهی، حجم نبکاها به‌مثابهٔ متغیر وابسته و عوامل مربوط به پوشش گیاهی ازجمله ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش و مساحت تاج پوشش گیاهی به‌مثابهٔ متغیر مستقل وارد مدل رگرسیونی شدند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، مساحت تاج پوشش گیاهی، ۹۲/۹ درصد تغییرات حجم نبکاهای ایجادشده را در محدودهٔ اجرای طرح توجیه می‌کند (جدول ۵)؛ به‌طوری که اگر Y حجم نبکا و X_1 مساحت پوشش گیاهی در نظر گرفته شود، معادلهٔ کلی رگرسیون گام‌به‌گام به‌صورت رابطهٔ زیر است:

$$Y = -۱۲/۵ + ۱۵/۱۱X_1$$　　رابطهٔ ۳

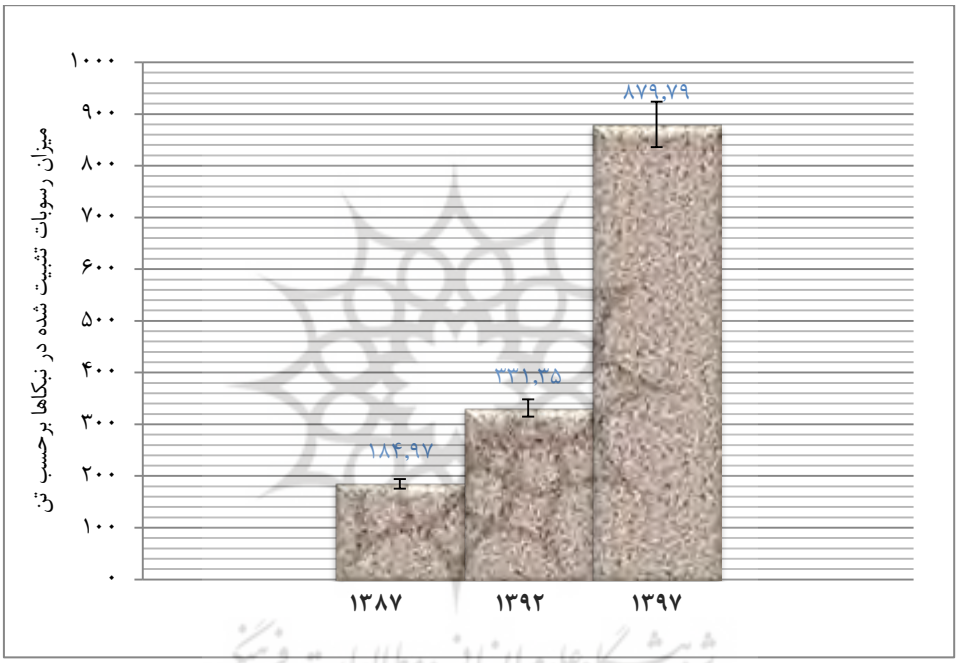
در این معادله Y، حجم نبکا و X_1، مساحت پوشش گیاهی است. با توجه به معادلهٔ به‌دست‌آمده، مساحت پوشش گیاهی در جهت مثبت بر حجم نبکاهای ایجادشده تأثیرگذار است.

جدول ۵. نتایج تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام حجم نبکاها با مؤلفه‌های پوشش گیاهی

مراحل رگرسیون گام‌به‌گام	
۱	
عدد ثابت	-۱۲/۵
مساحت پوشش گیاهی	۱۵/۱۱
ضریب تبیین R^2	۰/۹۲۹

بررسی مقدار رسوبات تثبیت‌شده در نبکاها

با تعیین بافت رسوبات تثبیت‌شده (دارای بافت شنی تا شن- لـوم) در نبکاهـا و بـرآورد وزن مخصـوص ظـاهری رسوبات (۱/۷)، مقدار وزن رسوبات تثبیت‌شده (M_s) در نبکاهای منتخب طی دورهٔ بررسی‌شده برآورد شد (شکل ٦). براساس نتایج به‌دست‌آمده، میزان رسوب تثبیت‌شده در نبکاها در سال ۱۳۸۷ برابر با ۱۸٤/۹۷ تن بوده که این میزان در سال ۱۳۹۲ به ۳۳۱/۳۵ تن و در سال ۱۳۹۷ به ۸۷۹/۷۹ تن افزایش یافته است؛ این روند، تغییرات زیـادی را در میـزان رسوب تثبیت‌شده طی دورهٔ بررسی‌شده نشان می‌دهد؛ به‌طوری که با مقایسهٔ آماری داده‌های اندازه‌گیری‌شده، یافتـه‌هـا بیان‌کنندهٔ اختلاف معنادار (در سطح یک درصد) بین مقدار رسوب تثبیت‌شده در نبکاها طی سال‌های بررسی‌شده است (جدول ٦).



شکل ٦. مقایسهٔ میزان رسوب تثبیت‌شده در نبکاهای منتخب طی دورهٔ بررسی‌شده

جدول ٦. تجزیهٔ میانگین میزان رسوب تثبیت‌شده در نبکاها طی دورهٔ بررسی‌شده

متغیر	سال	میانگین	انحراف معیار	t آزمون		
				T	Df	Sig
میزان رسوب تثبیت‌شده	سال اول	۱/٤۳	۰/٤۳۹	-٦/٤۱	٤٥	۰/۰۰*
	سال دوم	٦/۲٥	۱/٦٤۲			
میزان رسوب تثبیت‌شده	سال اول	۱/٤۳	۰/٤۳۹	-۹/۲٤	٤٥	۰/۰۰*
	سال سوم	٦۹/٤٤	۱٦/٦۰			
میزان رسوب تثبیت‌شده	سال دوم	٦/۲٥	۱/٦٤۲	-۸/٦۳	٤٥	۰/۰۰*
	سال سوم	٦۹/٤٤	۱٦/٦۰			

*معناداری در سطح یک درصد

نتیجه‌گیری

بررسی مورفومتری نبکاهای مطالعه‌شده نشان می‌دهد هرچه مورفولوژی گیاهی مانند ارتفاع گیاه و قطر تاج پوشش بیشتر باشد، گیاه میزان بیشتری از رسوبات بادی را به دام می‌اندازد و نبکاهای بزرگ‌تری را ایجاد می‌کند. این یافته با نتایج پورخسروانی و همکاران (۱۳۸۹)، ترنج‌زر و فتحی (۱۳۹٤) و نگهبان و روشن (۱۳۹۸) مطابقت دارد.

پوشش گیاهی، بخشی مهم در تشکیل نبکا و عاملی مؤثر در به‌دام‌انداختن رسوبات بادی و تثبیت آنها در نبکاهاست (Du et al., 2010: 714; Jun & Lin, 2003: 573). با توجه به شاخص‌های مورفولوژیکی گونهٔ گیاهی درخت گز، کشت این گونهٔ گیاهی در منطقهٔ پژوهش نقشی بسیار اساسی در ارتفاع تپه‌های نبکا دارد و هرچه حجیم‌تر باشد، ماسه‌های بیشتری را به دام می‌اندازد و موجب گسترش نبکاها می‌شود؛ به‌طوری که براساس نتایج به‌دست‌آمده از مدل رگرسیونی، مساحت تاج پوشش گیاهی، ۹۲/۹ درصد تغییرات حجم نبکاهای ایجادشده در محدودهٔ اجرای طرح را توجیه می‌کند. این امر گویای تأثیر مثبت مساحت پوشش گیاهی بر حجم نبکاهای ایجادشده در منطقه است که با استقرار کامل پوشش گیاهی در منطقه صورت گرفته و با یافته‌های مقصودی و همکاران (۱۳۹٤)، پورخسروانی و گلی‌مختاری (۱۳۹۵)، احمد و همکاران (۲۰۱۵) و ال- دوساری و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثر پوشش گیاهی بر ویژگی‌های مورفومتری نبکاها مطابقت دارد.

پوشش گیاهی تأثیر بسزایی بر شرایط دینامیکی رسوبات با کاهش انتقال رسوب و محدودکردن منابع آن دارد (Haney et al., 2008: 1562). در بررسی میزان رسوبات تثبیت‌شده در نبکاها، یافته‌ها نشان می‌دهد با افزایش پوشش گیاهی و توسعهٔ نبکاها، میزان رسوب تثبیت‌شده در آنها نیز افزایش یافته است؛ به‌طوری که با مقایسهٔ آماری داده‌های اندازه‌گیری‌شده، یافته‌ها بیان‌کنندهٔ اختلاف معنادار (در سطح یک درصد) بین مقدار رسوب تثبیت‌شده در نبکاها طی سال‌های بررسی‌شده است. این فرایند نقش مؤثر احیای پوشش گیاهی را در تثبیت شن‌های روان در منطقه نشان می‌دهد.

در بررسی جهت‌یافتگی خاص نبکاها، یافته‌ها بیان‌کنندهٔ آن است که وزش بادهای غالب در منطقه، عامل اصلی تشکیل این نبکاها در محدودهٔ پژوهش بوده است. از آنجا که نبکاها در مناطقی که انرژی باد کم باشد به‌خوبی توسعه می‌یابند، استقرار پوشش گیاهی با توجه به جهت ردیف‌های کشت (شمال شرقی– جنوب غربی) که عمود بر جهت وزش بادهای غالب در منطقه است و همچنین وجود دایک دریاچهٔ هامون به‌مثابهٔ مانعی در مسیر وزش بادهای منطقه، با خنثی‌سازی اثر باد شرایطی مناسب را برای تشکیل نبکا در منطقهٔ پژوهش فراهم کرده است؛ این نتیجه با نتایج پژوهش‌های وانگ و همکاران (۲۰۰۸) و لانگ و همکاران (۲۰۱۳) همخوانی دارد. در این پژوهش‌ها بر عملکرد فعالیت باد در تشکیل نبکاها و توسعهٔ نبکاها در مناطقی تأکید شده که انرژی باد کمتر بوده است.

در پژوهش حاضر برای نخستین‌بار در منطقهٔ سیستان، تأثیر احیای پوشش گیاهی بر مؤلفه‌های مورفومتری نبکا و نقش آن در تثبیت شن‌های روان طی یک بازهٔ زمانی ۱٦ساله بررسی شد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، پس از اجرای عملیات پخش سیلاب و جنگل‌کاری ادارهٔ منابع طبیعی شهرستان زابل در سال ۱۳۸۲، با استقرار اولیهٔ پوشش گیاهی ازجمله گونهٔ گز (*Tamarix*)، زمینهٔ مناسبی برای تشکیل نبکاها فراهم شد که پیرو آن، میزان زیادی از رسوبات بادی در نبکاها تثبیت شد و با تکامل ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه (قطر تاج پوشش و ارتفاع)، این نبکاها گسترش یافت؛ این امر به تثبیت و کنترل تپه‌های ماسه‌ای و شن‌های روان در منطقه انجامید.

بر این اساس با احیای پوشش گیاهی در منطقه، زمینهٔ مناسبی برای ایجاد نبکاها فراهم شده که بخش زیادی از رسوبات بادی در آنها تثبیت شده است. اگر عملیات پخش سیلاب و جنگل کاری در این منطقه اجرا نمی شد، روستای شریف‌آباد در پایین‌دست در شن‌های روان مدفون می‌شد؛ از این رو با توجه به اینکه منطقهٔ سیستان همواره متأثر از فرسایش بادی و معضل شن‌های روان بوده است، پیشنهاد می‌شود احیای پوشش گیاهی در قالب طرح‌های پخش سیلاب و جنگل‌کاری در مناطق مستعد برای تثبیت کانون‌های فرسایشی و کنترل شن‌های روان در سایر نقاط منطقهٔ سیستان اجرا شود؛ همچنین به‌منظور استقرار پوشش گیاهی طی سال‌های ابتدای کشت، این عرصه‌ها قرق و از چرای دام در این مناطق جلوگیری شود.

منابع

پورخسروانی، محسن، ولی، عباسعلی، معیری، مسعود، (۱۳۸۸). **بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نبکاهای گونهٔ روماریا تورسستانیکا**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۹، شمارهٔ ٦۹، ۹۹- ۱۱۳.

پورخسروانی، محسن، ولی، عباسعلی، معیری، مسعود، (۱۳۸۹). **بررسی ارتباط مورفولوژی گیاهی با خصوصیات مورفومتری نبکاهای گونهٔ Tamarix mascatensis در منطقهٔ خیرآباد سیرجان**، جغرافیا و برنامه‌ریزی، دورهٔ ۱۵، شمارهٔ ۳۲، ۲۱۹- ۲۳۷.

پورخسروانی، محسن، گلی مختاری، لیلا، (۱۳۹۵). **بررسی روابط رشد در نبکاهای دشت نگار بردسیر**، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، دورهٔ ۳۱، شمارهٔ ۱، ۲۲۱- ۲۲۷.

ترنج‌زر، حمید، فتحی، آزاده، (۱۳۹٤). **بررسی ویژگی‌های مورفومتری نبکاهای تیپ گیاهی بره‌تاغ در کویر میقان (اراک)**، نشریهٔ مهندسی اکوسیستم بیابان، دورهٔ ٤، شمارهٔ ۹، ۳۵- ٤۲.

جهان‌تیغ، معین، جهان‌تیغ، منصور، (۱۳۹۸). **بررسی تأثیر بهره‌وری سیلاب بر روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های میدانی و تصاویر لندست؛ مطالعهٔ موردی: منطقهٔ شندک سیستان**، نشریهٔ سنجش از دور و سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دورهٔ ۱۰، شمارهٔ ٤، ۵۷- ۷۳.

جهان‌تیغ، منصور، جهان‌تیغ، معین، (۱۳۹٦). **مطالعهٔ تأثیر تورکینست بر ویژگی‌های خاک در مناطق خشک؛ مطالعهٔ موردی: جنوب غرب سیستان**، سامانه‌های سطوح آبگیر باران، دورهٔ ۵، شمارهٔ ۱٤، ۱۱- ۱۸.

عرب‌عامری، علیرضا، حلبیان، امیرحسین، (۱۳۹٦). **آنالیز مؤلفه‌های مورفومتری نبکاها و معرفی مناسب‌ترین نوع آن برای تثبیت ماسه های روان با استفاده از الگوریتم ELECTRE؛ مطالعهٔ موردی: ریگ چاه جام**، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دورهٔ ٦٦، شمارهٔ ۲، ۹۳- ۱۰۸.

علی‌نژاد، محمد، حسینعلی‌زاده، محسن، اونق، مجید، محمدیان بهبهانی، علی، (۱۳۹۷). **بررسی الگوی پراکنش مکانی نبکا؛ مطالعهٔ موردی: دشت صوفیکم، استان گلستان**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ٤، ٦۹۷- ۷۱۲.

محمودی، طیبه، خوشحال، جواد، موسوی، حجت، پورخسروانی، محسن، (۱۳۹۲). **مقایسهٔ تأثیر نبکاهای کویر سیرجان در تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی**، پژوهش‌های فرسایش محیطی، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۱۱، ٦٥- ۷۹.

مقصودی، مهران، پاریزی، اسماعیل، ویسی، عبدالکریم، (۱۳۹٤). **تحلیل مقایسه‌ای ویژگی‌های اکوژئومورفولوژیکی نبکاهای سیرجان و شهر بابک**، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، دورهٔ ٦، شمارهٔ ۲۲، ۱۰٤- ۱۲۰.

نگارش، حسین، لطیفی، لیلا، (۱۳۸۸). **تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه های ماسه ای شرق دشت سیستان در خشکسالی‌های اخیر**، جغرافیا و توسعه، دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۱۲، ٤۳- ٦۰.

نگهبان، سعید، یمانی، مجتبی، مقصودی، مهران، عزیزی، قاسم، (۱۳۹۲). **بررسی تراکم، ژئومورفولوژی و پهنه بندی ارتفاعی نبکاهای حاشیهٔ غربی دشت لوت و تأثیرات پوشش گیاهی بر مورفولوژی آنها**، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، دورهٔ ۱، شمارهٔ ٤، ۱۷- ٤۲.

یوسفی، محمدجواد، راشکی، علیرضا، فرزام، محمد، کاشکی، محمدتقی، (۱۳۹۸). **انتخاب مناسب ترین نوع گونهٔ گیاهی نبکا برای تثبیت ماسه های روان با استفاده از مدل AHP؛ مطالعهٔ موردی: منطقهٔ صمدآباد شهرستان سرخس**، فصلنامهٔ فضای جغرافیایی، دورهٔ ۱۹، شمارهٔ ٦٦، ۲٥۳- ۲٦۷.

یوسفی، محمدجواد، راشکی، علیرضا، فرزام، محمد، کاشکی، محمدتقی، (۱۳۹٦). **مقایسهٔ نبکاهای گونه های گیاهی خارشتر، اسپند و سبد پاکوتاه برای تثبیت ماسه های روان با استفاده از الگوریتم TOPSIS؛ مطالعهٔ موردی: منطقهٔ صمدآباد شهرستان سرخس**، مجلهٔ علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، دورهٔ ٦، شمارهٔ ۱٥، ۳٥- ٤۸.

Al-Awadhi, J., (2014). **The Effect of a Single Shrub on Wind Speed and Nabkhas Dune Development: A Case Study in Kuwait**, International Journal of Geosciences.

Al-Dousari, A., Ahmed, M., Al-Dousari, N., Al-Awadhi, S., (2018). **Nabkha Morphometry and Properties of Aeolian Sediments around Native Plants in Kuwait**, Journal of Geosciences, 1st conference of the Arabian, Tunisia.

Ahmed, M., Al-Dousari, N., Al-Dousari, A., (2015). **The role of dominant perennial native plant species in controlling the mobile sand encroachment and fallen dust problem in Kuwait**, Arabian Journal of Geosciences, Vol 9 (2), Pp 134- 141.

Corrigan, B.M., Van-Wyk, B.E., Geldenhuys, C.J., Durand, J.F., (2008). **Vegetation cover changes of the Sand Forest in the KwaNibela Peninsula, St Lucia from 1937–2002. South African**, Journal of Botany, Vol 74, Pp 364- 373.

Dougill, A.J., Thomas, A.D., (2002). **Nebkha dunes in the Molopo Basin, south Africa and Botswana formation controls and their validity as indicators of soil degradation**, Journal of arid environment, Vol 50, Pp 413- 423.

Du, J., Yan, P., Dong, Y., (2010). **The progress and prospects of nebkhas in arid areas**, Journal of Geographical Sciences, Vol 20 (5), Pp 712- 728.

Haney, A., Marlin, B., Steven, A., Emily, L., Tom, P., (2008). **Gradient analysis of an eastern sand savanna's woody vegetation, and its long-term responses to restored fire processes**, Forest Ecology and Management, Vol 256, Pp 1560- 1571.

Jun, R., Lin, T., (2003). **A numerical taxonomy of the genus Nitraria from Gansu Province, China**, Journal of Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica, Vol 23 (4), Pp 572- 576.

Karavas, N., Kyriacos, G., Margarita, A., Dimitris, D., (2005). **Vegetation and sand characteristics influencing nesting activity of Caretta caretta on Sekania beach**, Biological Conservation, Vol 121, Pp 177- 188.

Lancaster, N., Baas, A.C.W., (1998). **Influence of Vegetation Cover on Sand Transport by Wind: Field Studies at Owens Lake, California**, Journal of Earth Surface Processes and Landforms, Vol 23, Pp 69- 82.

Lang, L., Wang, X., Hasi, E., Hua, T., (2013). **Nebkha (coppice dune) formation and significance to environmental change reconstructions in arid and semiarid areas**, Journal of Geographical Sciences, Vol 23 (2), Pp 344- 358.

Luo, W., Zhao, W., Liu, B., (2016). **Growth stages affect species richness and vegetation patterns of nebkhas in the desert steppes of China**, Catena, Vol 137, Pp 126- 133.

Negahban, S., Roshan, G.h., (2020). **Reconstructing the Environmental Changes in the Western Border of Lut Plain Based on the Study of Nebkhas**, Journal of the Earth and Space Physics, Vol 45 (4), Pp 203- 217.

Wang, X., Xiao, H., Li, J., Qiang, M., Su, Z., (2008). **Nebkha development and its relationship to environmental change in the Alaxa Plateau, China**, Journal of Environmental Geology, Vol 56 (2), Pp 359- 365.

Zhizhong, L., Shengli, W., Chen, Sh., Chen, X., Jianhui, J., QI, L., (2010). **Bio-geomorphologic Features and Growth Process of Tamarix Nabkhas in Hotan River Basin, Xinjiang**, Journal of Geographical Sciences, Vol 20 (2), Pp 205- 218.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی