

Investigating the Effect of Constructing Sediment Channels on the Movement of Sand Sediments

Sobhan Ghaebi¹, Mohammadreza Yazdani^{2*} , Mohammadkia Kianian³, Ali Torabi⁴

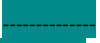
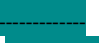
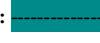
1. PhD student, Department of Combat Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Iran

2. Corresponding Author, Associate Professor, Department of Combat Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Iran

Email: m_yazdani@semnan.ac.ir ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5612-7647>

3. Assistant Professor, Department of Combat Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Iran

4. MSc graduate in combat desertification, General Directorate of Natural Resources and Watershed Management of Semnan Province, Semnan, Iran

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	Sand dune migration and wind-blown sediment transport are among the most significant environmental challenges in arid and semi-arid regions. These processes can lead to land degradation, damage to infrastructure, and considerable economic losses. Therefore, the implementation of effective techniques to reduce sediment movement is essential for sustainable land management. This study aimed to investigate the effectiveness of sediment channels in reducing wind-driven sediment transport in the western part of Aliyan village, located south of Damghan, Iran. To evaluate the performance of the sediment channels, two sediment-trap systems, including surface and elevated traps, were installed. Treatments with three replications were established behind the sediment channels, while a control treatment was placed in front of the system. Wind-blown sediments accumulated in both the treatment and control plots were collected and measured over seven months. Statistical analyses were conducted using the t-test and Mann-Whitney test to compare sediment accumulation between the two groups. Furthermore, the effects of meteorological variables on sediment-trapping efficiency were assessed using Random Forest (RF) and Sobol sensitivity analysis. The results revealed a statistically significant difference between the mean sediment weights of the treatment and control plots for both surface and elevated sediment traps at the 95% confidence level. The t-statistic values ranged from -6.40 to -7.77, while the z-statistic values ranged from -3.11 to -3.32. These findings indicate that the construction of sediment channels significantly reduced the amount of wind-blown sediment passing through the study area. Sensitivity analysis also showed that maximum relative humidity, minimum relative humidity, and wind speed were the most influential factors affecting sediment-trapping performance. Overall, the results demonstrate that sediment channels have considerable potential for controlling sand dune movement and reducing wind-blown sediment transport, providing useful guidance for natural resource management and land conservation programs.
Article history:	
Received: 	
Revised: 	
Accepted: 	
Published: 	
Keywords: Aeolian sediments, sediment channel, meteorological parameters, sensitivity analysis, Damghan.	

How to Cite: Last Name, Initial., Last Name, Initial., & Last Name, Initial. (2021). Title of paper. *Journal of Natural Environmental Hazards*, -- (--), ----.



© The Author/Authors

DOI: 000000000000000000

Publisher: University of Sistan and Baluchestan

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

Wind erosion and aeolian sediment transport are among the most important environmental challenges in arid and semi-arid regions (Kianian, 2013b). These processes accelerate land degradation, reduce soil productivity, damage infrastructure, and contribute to the expansion of desertification (Salehi et al., 2024; Han et al., 2023). In Iran, particularly in **the central deserts**, strong winds, limited vegetation cover, and prolonged dry conditions create favorable conditions for the movement of sand dunes and wind-blown sediments. Consequently, the development of effective and economically feasible methods for controlling sediment movement has become a major priority for natural resource managers and environmental planners (Qeysari et al., 2023). Several approaches have been used to mitigate wind erosion, including vegetation establishment, mulching, gravel covers, windbreaks, and sediment-trapping structures. Among these techniques, sediment channels have emerged as a simple and potentially effective solution for reducing sediment transport by capturing moving particles and decreasing wind energy near the ground surface (Yazdani et al., 2025). Despite their practical application in some desertification-control projects, limited field-based research has been conducted to evaluate their efficiency under natural environmental conditions. Furthermore, the influence of climatic variables on their performance remains insufficiently understood. Therefore, the present study aimed to evaluate the effectiveness of sediment channels in reducing wind-blown sediment transport in the western part of Aliyan Village, south of Damghan, Iran, and to identify the most influential meteorological parameters affecting sediment-trapping efficiency.

Data and Methodology

The study was conducted within the Amirabad Desertification Control Project area, located approximately 10 km south of Damghan in Semnan Province, Iran. The study area covers nearly 29,775 hectares and is characterized by an arid climate, active wind erosion processes, sparse vegetation cover, and extensive sand movement. The region is considered one of the critical wind erosion hotspots of the province. To control sediment transport, a series of sediment channels were constructed perpendicular to the prevailing wind direction. Each channel was excavated with a width of 1 m and a depth of 1 m (Figure 1).



Figure: An example of a canal and embankment implemented in the study area

The excavated soil was deposited on the upwind side to form a small embankment that enhanced the sediment-retention capacity of the system. Two types of sediment traps were designed to assess the performance of the channels. Surface sediment traps were installed to capture particles moving close

to the ground surface through creep and saltation processes, while elevated sediment traps were used to collect suspended sediments transported above the surface. Three replicated treatment plots were established behind the sediment channels, and a control treatment was installed in front of the system. Sediment sampling was conducted from May to October 2024. During the seven-month monitoring period, sediment deposits were collected and weighed after wind events. A total of 33 observations were recorded for each treatment and control condition. Data normality was assessed using the Kolmogorov–Smirnov test, while Levene’s test was applied to evaluate the homogeneity of variances. Independent-sample t-tests were used for normally distributed datasets, and the Mann–Whitney U test was employed for non-normal datasets. Additionally, Random Forest (RF) and Sobol sensitivity analyses were used to investigate the influence of climatic variables, including temperature, relative humidity, precipitation, sunshine duration, evaporation, and wind speed, on sediment accumulation.

RESULTS

The results demonstrated that sediment channels significantly reduced aeolian sediment transport. For elevated sediment traps, the mean sediment weight in treatment plots ranged from 0.49 to 0.51 g, whereas the control plot recorded an average value of 0.76 g. Similarly, for surface sediment traps, mean sediment accumulation varied between 86.18 and 98.56 g in the treatment plots, compared with 122.61 g in the control plot. These differences indicate that the sediment channels effectively reduced the amount of sediment transported across the study area. The Kolmogorov–Smirnov test revealed that the elevated-trap data followed a normal distribution, while the surface-trap data were non-normal. Accordingly, independent-sample t-tests were performed for elevated sediment traps. The results showed statistically significant differences between treatment and control plots at the 95% confidence level, with t-values ranging from -6.40 to -7.77 and significance levels below 0.05. These findings confirm that the channels significantly reduced suspended sediment transport. For surface sediment traps, Mann–Whitney U tests also indicated significant differences between treatment and control conditions. The calculated z-values ranged from -3.11 to -3.32, with significance levels below 0.01. Therefore, the sediment channels were equally effective in reducing sediment movement near the ground surface. The consistency of the results from both sediment-trap systems demonstrates the overall effectiveness of the constructed channels in controlling aeolian sediment transport. Sensitivity analyses further revealed the importance of meteorological conditions in determining sediment-trapping performance. Random Forest results indicated that maximum relative humidity and wind speed during the previous day were the most influential variables affecting sediment accumulation, whereas precipitation and maximum temperature showed relatively minor effects. Similar patterns were observed for both surface and elevated sediment-trap datasets. The Sobol sensitivity analysis supported these findings and identified maximum relative humidity as the most influential factor, followed by minimum relative humidity and wind-speed variables. The highest first-order and total sensitivity indices were associated with maximum relative humidity, indicating its dominant contribution to the variability of sediment accumulation (Zhang et al., 2025). These results suggest that atmospheric moisture plays a critical role in controlling particle cohesion and susceptibility to wind erosion (Mir-Gual et al., 2023). The agreement between the Random Forest and Sobol approaches strengthens the reliability of the sensitivity-analysis outcomes.

CONCLUSION

The findings of this study demonstrate that sediment channels are an effective and practical technique for reducing aeolian sediment transport in arid environments. Significant reductions in sediment accumulation were observed behind the channels for both surface and suspended sediment pathways, confirming their ability to intercept and retain wind-blown materials. Sensitivity analyses identified maximum relative humidity, minimum relative humidity, and wind speed as the most influential climatic variables affecting sediment-trapping efficiency. Overall, the results highlight the potential of sediment channels as a low-cost and efficient solution for wind erosion control, sand-dune

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

stabilization, and desertification management. Their wider application can contribute to sustainable land management and support natural resource conservation programs in vulnerable dryland regions.

Acknowledgments

The authors of this article would like to express their deepest gratitude to all those who collaborated in conducting this research.

REFERENCES

References [in Persian]

- Han, Y., Zhao, W., Zhou, A., & Pereira, P. (2023). Water and wind erosion response to ecological restoration measures in China's drylands. *Geoderma*, 435, 116514.
- Kianian, Mohammad Kia. (2013b). Management and control techniques for desertification in Iran, First International Conference on Landscape Ecology, First International Conference on Ecology, 2013. Isfahan University of Technology. [In Persian]
- Salehi, F., Panahi, F., & Abbasi, H. (2024). Estimation of wind erosion threshold velocity using a wind tunnel device in dust sources in Khuzestan, Iran (case study: Mahshahr, Omidyeh, Hendijan). *Environmental Erosion Research Journal*, 14(1), 204-218.

References [in English]

- Mir-Gual, M., Pons, G. X., Delgado-Fernandez, I., and Smyth, T. A. G. (2023). Field Measurement of Surface Wind and Sediment Transport Patterns in a Coastal Dune Environment, Case Study of Cala Tirant (Menorca, Spain), *Journal of Marine Science and Engineering*, 11, 2361, <https://doi.org/10.3390/jmse11122361>.
- Qeysari, M., Haqqesi, M. R., Alimoradi, M., Barghi Jahromi, M. S. (2023). Investigation and comparison of the absorption and retention efficiency of two types of BSNE and generation 3 siphon sediment traps in laboratory conditions of a wind tunnel and natural conditions. *Desert Ecosystem Engineering*, 13 (2024), 107-119. [In Persian].
- Yazdani, M., Azimzadeh, H., Karimzadeh, H.R. and Soleimani, M. (2025). Study of the relative efficiency of CSC and MWAC sediment traps for two types of sandy loam and sandy soil textures under laboratory conditions. *Iranian Rangeland and Desert Research*, 32(1), 18-34. [In Persian]
- Zhang, M., Li, Q., Hou, J., & Ji, S. (2025). Evaluation of protection benefits of sand barrier fence with different heights on desert highway. *PLOS ONE*, 20(8), e0324869. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0324869>.

بررسی تأثیر احداث کانال‌های رسوبگیر بر حرکت رسوبات ماسه‌ای

سبحان غائبی^۱، محمدرضا یزدانی^{۲*} , محمدکیا کیانیان^۳، علی ترابی^۴

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان

۲. دانشیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان (نویسنده مسئول)

ایمیل: m_yazdani@semnan.ac.ir ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5612-7647>

۳. استادیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان

۴. کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان سمنان

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	با توجه به چالش‌های ناشی از حرکات تپه‌های ماسه‌ای و پیامدهای زیست محیطی و اقتصادی آن، استفاده از تکنیک‌های مناسب مانند کانال‌ها رسوبگیر برای کاهش سرعت انتقال رسوبات اهمیت زیادی دارد. هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر احداث کانال‌های رسوبگیر بر کاهش میزان حرکت رسوبات بادی در غرب روستای علیان واقع در جنوب دامغان می باشد. با نصب دو سیستم تله رسوبگیر سطحی و تعبیه گردید و طی یک دوره هفت ماهه، ذخیره رسوبات بادی در تیمارها و شاهد جمع‌آوری و اندازه‌گیری شد. کانال‌های رسوبگیر به ابعاد یک در یک متر و در جهت عمود بر باد غالب (شمال غرب) بوده و نمونه برداری از اوایل بهار تا اوایل پاییز انجام شده است. تفاوت بین میانگین‌ها در تیمارها با شاهد با استفاده از آزمون تی و من‌ویتنی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به منظور بررسی تأثیر پارامترهای هواشناسی بر وضعیت تله اندازه‌گیری رسوبات از دو تکنیک هوشمند شامل جنگل تصادفی (RF) و سوبول (Sobol) استفاده شده و پارامترهای موثر شناسایی شدند. بررسی نتایج بدست آمده نشان می دهد، بین میانگین وزن رسوبات در تیمار با شاهد هم برای تله رسوبگیر سطحی و هم ارتفاعی از نظر آماری در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. مقدار آماره تی از ۶٫۴- تا ۷٫۷۷- و ، آماره Z بین ۳٫۱۱- تا ۳٫۳۲- متغیر می‌باشد. به عبارت دیگر، احداث کانال‌های رسوبگیر بطور معنی‌داری موجب کاهش حرکت و مقدار رسوبات عبوری از منطقه برداشت شده است. آنالیز حساسیت داده‌ها بیانگر تأثیر قابل ملاحظه رطوبت نسبی حداکثر، رطوبت نسبی حداقل و میزان باد بر روی پتانسیل تله اندازه‌گیری رسوبات بادی در این تحقیق طی دوره مورد بررسی می باشد. نتایج بدست آمده حاکی از پتانسیل مناسب کانال‌های رسوبگیر احداثی بر کنترل حرکت تپه‌های ماسه‌ای و رسوبات بادی در منطقه مورد مطالعه بوده است. این نتایج می‌تواند مورد استفاده برای بخش‌های اجرایی خصوصاً بخش منابع طبیعی در کشور باشد.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ---/---/---

تاریخ ویرایش: ---/---/---

تاریخ پذیرش: ---/---/---

تاریخ انتشار: ---/---/---

واژه‌های کلیدی:

رسوبات بادی، کانال رسوبگیر،

پارامترهای هواشناسی، آنالیز

حساسیت، دامغان.

استناد: نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام؛ نام خانوادگی، نام (۱۴۰۰). عنوان مقاله. مخاطرات محیط طبیعی، ---، ---، ---.

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© نویسنده / نویسندگان

DOI: 00000000000000000000000000000000



این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

مقدمه

فرسایش بادی یکی از مهم ترین فرآیندهای ژئومورفولوژیکی و مخاطرات محیط زیستی در مناطق خشک، نیمه خشک و فرا خشک جهان به شمار می رود (کیانیان، ۱۳۹۲ الف). اگرچه این پدیده از گذشته های دور وجود داشته است، اما امروزه به عنوان یکی از مهم ترین عوامل تهدید کننده محیط زیست و توسعه پایدار در مقیاس جهانی شناخته می شود (صالحی و همکاران، ۲۰۲۴؛ شهابی نژاد و همکاران، ۲۰۱۹). فرسایش بادی فرآیندی است، که طی آن ذرات خاک تحت تأثیر نیروی باد از سطح زمین جدا شده، جابه جا و در مناطق دیگر رسوب گذاری می شوند (البکری و همکاران^۱، ۲۰۱۶). در این میان، سرعت باد به عنوان مهم ترین عامل مؤثر بر شدت و میزان فرسایش بادی شناخته شده است (جیی^۲، ۱۹۸۶؛ لی و همکاران^۳، ۲۰۰۴). برآوردها نشان می دهد که طی پنج دهه گذشته، بیش از یک سوم اراضی زراعی جهان در اثر فرسایش از بین رفته اند و این روند همچنان با نرخ تقریبی ۱۰ میلیون هکتار در سال ادامه دارد. با توجه به رشد روزافزون جمعیت جهان و کاهش ظرفیت تولید مواد غذایی، فرسایش خاک و به ویژه فرسایش بادی می تواند به یکی از عوامل تشدید کننده بحران امنیت غذایی در آینده تبدیل شود (هان و همکاران^۴، ۲۰۲۳؛ لیو و همکاران، ۲۰۲۳). پیامدهای فرسایش بادی و وقوع طوفان های گردوغبار و ماسه های ابعاد مختلفی را در بر می گیرد. ریزگردها عمدتاً سلامت انسان را تحت تأثیر قرار داده و موجب بروز یا تشدید بیماری های تنفسی، قلبی و چشمی می شوند. در مقابل، طوفان های ماسه ای علاوه بر آثار زیست محیطی، خسارات گسترده ای به زیرساخت ها، تأسیسات عمرانی، راه های ارتباطی و تجهیزات صنعتی وارد می کنند (حسنی درآباد و همکاران، ۱۴۰۲؛ حجه فروشنیا و همکاران، ۱۴۰۰). از سوی دیگر، اندازه گیری و پایش عوامل مؤثر بر فرسایش بادی در شرایط طبیعی و در کانون های تولید گردوغبار، همواره با دشواری های فنی و هزینه های اجرایی قابل توجهی همراه بوده است (خسروی و همکاران، ۲۰۲۰).

ایران به دلیل قرارگیری در کمربند خشک جهانی، دارای اقلیم غالب خشک و نیمه خشک است و بخش وسیعی از اراضی کشور، به ویژه در نواحی مرکزی، تحت تأثیر شرایط بیابانی قرار دارند (کیانیان، ۱۳۹۲ ب). محدودیت منابع آب و کمبود پوشش گیاهی در این مناطق، شرایط مساعدی برای فرسایش بادی و انتقال ذرات خاک فراهم کرده است. از این رو، فرسایش بادی به عنوان یکی از مهم ترین فرآیندهای تخریب سرزمین و تهدیدهای زیست محیطی کشور مطرح بوده و مدیریت آن از اولویتهای اساسی در برنامه های منابع طبیعی و بیابان زدایی محسوب می شود (خوشمهرام و دلایان، ۱۴۰۱). در دهه های اخیر، پژوهش های متعددی در ایران و سایر کشورهای جهان با هدف کنترل حرکت ماسه های روان، تثبیت تپه های ماسه ای و کاهش انتقال رسوبات بادی انجام شده است. هر یک از روش های ارائه شده دارای مزایا و محدودیتهای خاص خود بوده اند. باباخانی (۱۳۹۱) در پژوهشی به بررسی کاربرد مالچ سنگریزه ای در کنترل فرسایش بادی و تثبیت ماسه های روان پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد، که افزایش درصد پوشش مالچ سنگریزه ای به طور معنی داری موجب کاهش میزان هدررفت خاک می شود. همچنین اختصاصی و همکاران (۱۴۰۱) نقش مؤثر سنگفرش بیابان را در کاهش فرسایش بادی و دبی جریان رسوب در مناطق خشک و بیابانی تأیید کردند.

¹ Al-Bakri

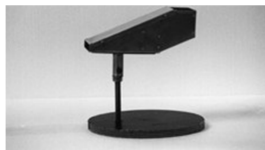
² Gee

³ Li

⁴ Han

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

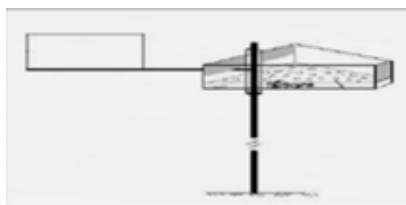
در مطالعه‌ای دیگر، اختصاصی و همکاران (۱۳۹۲) با طراحی و ساخت تله‌های رسوب‌گیر سیفونی نسل اول و همچنین شبیه‌سازی تله‌های رسوب‌گیر BSNE در دشت یزد-اردکان، به اندازه‌گیری دبی جریان رسوب و ترسیم خطوط هم‌جریان ماسه بادی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد، که بیشترین میزان دبی جریان رسوب در بخش مرکزی دشت و معادل ۲٫۵ تن در مترمربع در سال بوده است. در شکل (۱) مواردی از تله‌های رسوب‌گیر آورده شده است.



The Wedge Dust Flux Gauge-
WDFG (Hall et al., 1993)



Isatis SUSTRA (Ahmadizade and
Ekhtesasi, 2011)



Modified Big Spring Number
Eight (MBSNE, 2002)

شکل ۱: مواردی از تله‌های رسوب‌گیر (قائم‌نی، ۱۳۹۴)

همچنین قائمی‌نیا (۱۳۹۴) با طراحی، ساخت و ارزیابی تله رسوب‌گیر هشت‌جهته فرسایش بادی (EDST)، عملکرد این سامانه را در شرایط مختلف آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داد. نتایج آزمایش‌های تونل باد نشان داد، که راندمان جمع‌آوری رسوب این دستگاه در سرعت‌های مختلف باد (۱ تا ۵ متر بر ثانیه) متفاوت است. این تله در جمع‌آوری ذرات با قطر بیش از ۰٫۱ میلی‌متر عملکرد مطلوبی داشته و راندمان آن به حدود ۸۶ درصد می‌رسد، در حالی که کارایی آن در جذب ذرات ریزتر از ۰٫۱ میلی‌متر کاهش می‌یابد. عبدلی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با عنوان "بررسی آزمایشگاهی کارایی نسبی تله‌های رسوب‌گیر ریزگرد MWAC، MDCO، CDS و CDSC" به ارزیابی عملکرد این سامانه‌ها پرداختند. نتایج نشان داد، که تله رسوب‌گیر CDSC در محدوده سرعت باد ۲ تا ۷ متر بر ثانیه از کارایی نسبی بالاتری نسبت به سایر تله‌های مورد بررسی برخوردار است. همچنین کارایی تله‌های CDSC و CDS تحت تأثیر تغییرات سرعت باد قرار داشت، در حالی که عملکرد تله‌های MWAC و MDCO تقریباً ثابت باقی ماند. افزون بر این، با افزایش اندازه ذرات از ۸۰ به ۲۶۰ میکرومتر، کارایی نسبی تله‌های CDSC، CDS، MWAC و MDCO به ترتیب ۰٫۸، ۰٫۴۸، ۰٫۱۸، ۰٫۵۸ برابر تغییر یافت، که بیانگر تأثیر قابل توجه ویژگی‌های فیزیکی ذرات بر عملکرد تله‌های رسوب‌گیر است. آریان‌فر و همکاران (۱۳۹۲)، در مطالعه‌ای آزمایشگاهی، تأثیر اندازه ذرات رسوبی و هندسه ورودی و خروجی بر راندمان حوضچه‌های تله‌اندازی رسوب را بررسی کردند. نتایج نشان داد، که شکل هندسی حوضچه و به‌ویژه زوایای ورودی و خروجی، نقش تعیین‌کننده‌ای در میزان رسوبات ته‌نشین شده دارند.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

به گونه ای که در شرایطی که دیواره ورودی قائم باشد، کاهش شیب دیواره خروجی موجب افزایش راندمان تله اندازی می شود. در مقابل، در حوضچه هایی با ورودی شیب دار و خروجی قائم، اگرچه رسوبات به سهولت وارد حوضچه می شوند، اما تشکیل گردابه های قوی در پایین دست باعث تعلیق مجدد بخش قابل توجهی از رسوبات و خروج آن ها از حوضچه می شود. ارزیابی ۱۳ هندسه مختلف نشان داد، که حوضچه دارای زاویه ورودی ۹۰ درجه و زاویه خروجی ۳۴ درجه، بیشترین راندمان تله اندازی رسوب را داراست.

مطالعه مشاییدی و همکاران^۱ (۲۰۲۳)، با هدف مقایسه عملکرد سازه های مختلف کنترل گردوغبار بر اساس نتایج پژوهش های پیشین، روابط ریاضی جریان و شبیه سازی های مبتنی بر داده های هواشناسی شهر اهواز انجام شد. نتایج این بررسی نشان داد، که تله رسوب باساران و ارول (BEST) و تله شنی هشت جهته (EDST) از بالاترین راندمان در به دام انداختن ذرات گردوغبار و کاهش انتقال رسوبات برخوردار هستند. پژوهش های اخیر نیز بر نقش مؤثر سازه های رسوب گیر در کنترل حرکت ماسه های روان تأکید دارند. آیشمن و همکاران^۲ (۲۰۲۱) و آیشمن و شوترامف (۲۰۲۲) گزارش کردند، که نرده های رسوب گیر ظرفیت قابل توجهی برای کاهش جابه جایی ماسه و کنترل فرسایش بادی دارند، هرچند ارزیابی دقیق تر عملکرد آن ها در شرایط محیطی مختلف ضروری است. همچنین کاپلان و همکاران^۳ (۲۰۲۴)، از تله های رسوب گیر BEST برای اندازه گیری مستقیم انتقال خاک در شرایط مزرعه ای استفاده کردند و کارایی مناسب این سامانه را در پایش فرسایش بادی نشان دادند. در مطالعه ای دیگر، ونگ و همکاران (۲۰۲۵)، عملکرد شش نوع دیوار رسوب گیر ساخته شده از پلی اتیلن با چگالی بالا (HDPE) و تراکم پذیری های مختلف را در شرایط تونل باد ارزیابی کردند. نتایج نشان داد، که دیوارهای دارای تراکم پذیری ۳۰ درصد، به دلیل ایجاد زبری سطحی بیشتر و افزایش سرعت اصطکاک، بیشترین کارایی را در کاهش شار جریان ماسه دارند. همچنین ژنگ و همکاران^۴ (۲۰۲۵)، با بررسی اثر ارتفاع دیوارهای رسوب گیر در محدوده ۲ تا ۳٫۵ متر دریافتند، که دیوارهایی با ارتفاع ۲٫۵ متر بهترین عملکرد را در کاهش جابه جایی ماسه داشته و راندمان جلوگیری از انتقال ذرات در آن ها به بیش از ۹۰ درصد می رسد.

در یک پژوهش به ارزیابی بلندمدت موانع خاک رس در منطقه بیابانی مین چین اقدام شده که پروژه ای پیشگام با سابقه ۶۰ ساله در تثبیت ماسه و بادشکن محسوب می شود. شش پلات با موانع با سنین مختلف (۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سال) به همراه یک پلات شاهد در منطقه ماسه ای متحرک مجاور انتخاب شد و نمونه برداری از رسوبات سطحی (عمق ۰-۳ سانتی متر انجام گرفت. نتایج نشان داد که استقرار این موانع موجب افزایش میانگین محتوای ماسه بسیار ریز، سیلت و رس به ترتیب ۳۰/۸۲، ۳۸/۴۱ و ۵۲/۳۸ درصد شده است و این روند یک دهه پس از استقرار به طور چشمگیری نمایان می گردد. کارایی موانع در مقاومت به فرسایش از طریق کاهش سرعت باد، رهگیری جریان ماسه و ارتقای ذرات ریز سطحی تبیین شد. ذرات درشت تر مانند ماسه متوسط و درشت عمدتاً در سمت خارجی موانع انباشته شدند، در حالی که ذرات ریزتر مانند ماسه ریز و بسیار ریز در ناحیه بادگیر (شمال غربی) متمرکز شدند. محتوای سیلت و رس در ناحیه پشت به باد (جنوب شرقی) بالاتر بود.

¹ Moshayedi

² Eichmanns

³ Kaplan

⁴ Zhang

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

قیصری و همکاران (۱۴۰۳)، راندمان جذب و نگهداشت دو نوع تله رسوب‌گیر BSNE و سیفونی نسل سوم را در شرایط آزمایشگاهی تونل باد و محیط طبیعی بررسی کردند. نتایج نشان داد، که در سرعت‌های ۷، ۸، ۹، ۱۱ و ۱۳ متر بر ثانیه، بیشترین راندمان جذب در سرعت ۱۱ متر بر ثانیه حاصل شده است؛ به‌طوری‌که راندمان جذب تله سیفونی نسل سوم و BSNE به‌ترتیب ۹۴٫۶ و ۹۲ درصد گزارش شد. همچنین راندمان نگهداشت تله سیفونی نسل سوم در تمامی سرعت‌ها برابر با ۱۰۰ درصد بود، در حالی که این مقدار برای تله BSNE با افزایش سرعت باد از ۱۱ به ۱۵ متر بر ثانیه از ۱۰۰ به ۹۷ درصد کاهش یافت. پژوهشگران نتیجه گرفتند، که تله سیفونی نسل سوم، علاوه بر عملکرد مناسب، به دلیل طراحی و تولید داخلی، از نظر دسترسی، هزینه و سهولت کاربرد نسبت به نمونه خارجی BSNE مزیت بیشتری دارد.

یزدانی و همکاران (۱۴۰۴)، نیز به بررسی بازدهی جمع‌آوری و نگهداشت دو نوع تله رسوب‌گیر فرسایش بادی CSC و MWAC در دو کانون بحرانی فرسایش بادی کشور شامل گود گوار بافق و منطقه سجری پرداختند. نتایج نشان داد، که عملکرد این تله‌ها تحت تأثیر سرعت باد و بافت خاک قرار دارد و بازدهی جمع‌آوری در هر دو سامانه با تغییر شرایط آیرودینامیکی و ویژگی‌های فیزیکی خاک دچار نوسان می‌شود. یافته‌های این مطالعه بر اهمیت انتخاب نوع تله متناسب با شرایط محیطی و ویژگی‌های خاک تأکید دارد. کانال‌های رسوب‌گیر بدون ایجاد مانع عمودی بزرگ، با حفر گودال عمود بر جهت باد غالب، سرعت باد نزدیک سطح زمین را کاهش می‌دهند و ذرات در حال خزش و جهش را به‌صورت گرانشی در زیر سطح زمین به دام می‌اندازند. هزینه اجرای آن‌ها پایین، ساخت آن‌ها ساده، و قابلیت اجرا در مقیاس وسیع و در بیشتر فصول را دارا هستند. ترکیب کانال با خاکریز بالادست نیز ظرفیت تله‌اندازی را افزایش می‌دهد. در جدول (۱) برخی تله های رسوب‌گیر رایج به‌همراه مزایا و معایب آنها ارائه شده است.

به‌طور کلی، مطالعات پیشین نشان می‌دهند، که سازه‌ها و تله‌های رسوب‌گیر از ابزارهای مؤثر در مدیریت فرسایش بادی، کنترل انتقال رسوبات و کاهش خسارات ناشی از حرکت ماسه‌های روان محسوب می‌شوند. با این وجود، عملکرد این سامانه‌ها به عوامل متعددی از جمله ویژگی‌های هندسی سازه، سرعت و رژیم باد، اندازه ذرات رسوب و شرایط محیطی وابسته است. از این‌رو، انجام مطالعات تکمیلی برای بهینه‌سازی طراحی و افزایش کارایی این سازه‌ها ضروری به نظر می‌رسد. نوآوری تحقیق عبارتست از ارزیابی میدانی یک سیستم سریع کانال-خاکریز در قالب یک پروژه واقعی کنترل بیابان‌زایی، پایش هم‌زمان تله‌های سطحی و ارتفاعی، و تلفیق داده‌های میدانی با تحلیل حساسیت مبتنی بر یادگیری ماشین برای شناسایی محرک‌های اقلیمی است. این ترکیب در مطالعات پیشین کمتر گزارش شده و سادگی سازه، دقیقاً نقطه قوت آن به‌عنوان راهکاری عملی و قابل‌تعمیم است.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

نوع تله / نام	مکانیسم تله اندازی	مزیت ها	معایب و محدودیت ها
BSNE (Big Spring Number Eight)	رسوب از ورودی مستطیلی وارد شده و با باف ها و توری داخلی، سرعت باد کاهش یافته و ذرات در مخزن ته نشین می شوند.	جهت گیری خودکار در برابر باد؛ قابلیت نصب در ارتفاع های مختلف برای اندازه گیری شار عمودی	کاهش کارایی در سرعت های خیلی بالای باد؛ کارایی کمتر برای ذرات ریزتر از ۵۰ میکرون؛
MWAC (Modified Wilson and Cooke)	باد وارد بطری اول شده، منبسط و کند می شود و رسوب ته نشین می گردد. لوله های ورودی و خروجی تعادل فشار را حفظ می کنند.	ارزان و ساخت آسان از مواد معمولی؛ کارایی اغلب مستقل از سرعت باد	وابستگی شدید کارایی به اندازه ذرات؛ کارایی خیلی کم برای ذرات ریزتر از ۵۰ میکرون؛ گرفتگی لوله ها با رسوب مرطوب یا چسبنده.
EDST (Eight Directional Sand Trap)	بادنما و درپوش یک طرفه در سمت پشت به باد خلأ ایجاد کرده و هوا و رسوب را از جهت بادگیر می کشد.	تعیین جهت منابع رسوب؛ کارایی نسبتاً بالا برای ذرات درشت	کارایی پایین در سرعت باد معمولی؛ بی اثر برای ذرات ریز (کمتر از ۰/۱ میلی متر)؛ مکانیسم داخلی پیچیده و احتمال خرابی مکانیکی.
SUSTRA (Isatis Suspension Trap)	تله غیرفعال و چندجهته. بزرگ، رسوب را از جهات مختلف به محفظه های جداگانه هدایت می کند و امکان تحلیل توزیع افقی را فراهم می سازد.	تفکیک رسوب بر اساس جهت جغرافیایی حمل؛ دهانه بزرگ و فرصت بیشتر برای تله اندازی؛ کارایی مناسب برای ذرات معلق	افت شدید کارایی در سرعت های پایین باد (کمتر از ۵ متر بر ثانیه)؛ حجیم تر و پیچیده تر از تله های تک نقطه ای؛ مناسب پروفیل عمودی شار جهشی نیست.
BEST (Basaran and Erpul Sediment Trap)	تله غیرفعال از نوع سیکلونی. هوا و رسوب به صورت مماسی وارد محفظه استوانه ای شده، اثر سیکلون ایجاد می شود. نیروی گریز از مرکز ذرات را جدا می کند	کارایی بسیار بالا و پایدار در سرعت های مختلف باد و اندازه های ذرات؛ کاهش تلاطم و بازگشت مجدد ذرات	ساخت پیچیده تر و گران تر از تله های بطری ساده؛ نیاز به کالیبراسیون برای بخش ریز گردوغبار.
CSC (Cox Sand Catcher)	تله غیرفعال گوه ای شکل. باد حاوی رسوب وارد دهانه گوه ای شده که سطح مقطع آن به تدریج کاهش می یابد؛ سرعت جریان کم شده و رسوب در محفظه جمع آوری ته نشین می شود.	طراحی ساده و مقاوم برای استفاده میدانی؛ نگهداشت بالا؛ رسوب جمع شده به سادگی از دست نمی رود.	کارایی جمع آوری بسیار متغیر و اغلب پایین؛ وابستگی شدید به بافت خاک و سرعت باد.

شهرستان دامغان در یکی از مناطق خشک و نیمه خشک کشور واقع شده و به دلیل وقوع بادهای شدید و جابه جایی ماسه های روان، همواره با مخاطرات ناشی از فرسایش بادی مواجه است. در چنین شرایطی، احداث کانال های رسوب گیر می تواند به عنوان راهکاری مؤثر در مدیریت فرسایش بادی، کاهش انتقال رسوبات و حفاظت از منابع طبیعی منطقه مطرح باشد. بر همین اساس، پژوهش حاضر با هدف پاسخگویی به نیازهای اجرایی بخش مدیریت بیابان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان سمنان، به بررسی تأثیر احداث کانال های رسوب گیر بر میزان انتقال رسوبات بادی پرداخته است. علاوه بر این، نقش و میزان تأثیر پارامترهای اقلیمی مؤثر بر فرآیند تله اندازی رسوب نیز با استفاده از روش های تحلیل حساسیت مورد ارزیابی قرار گرفته است.

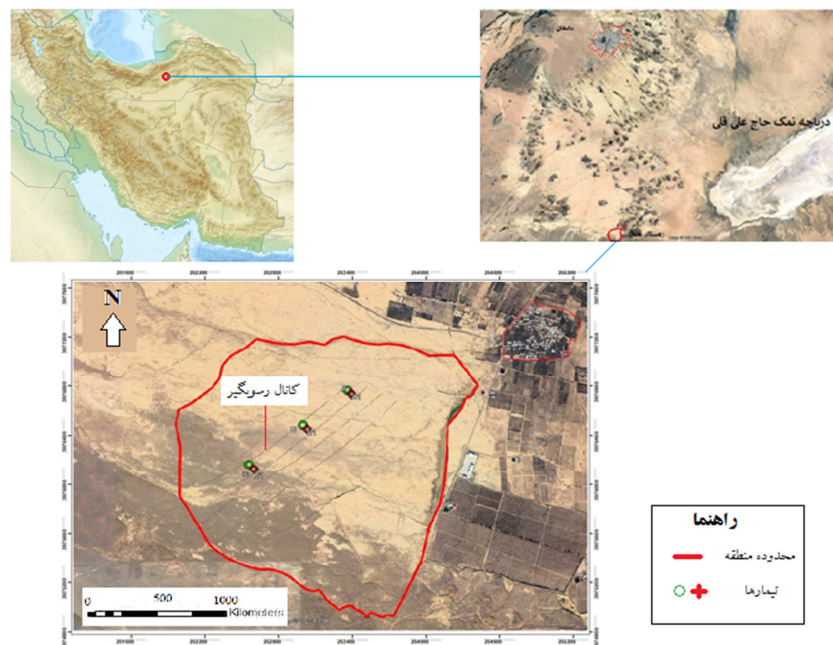
داده ها و روش ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، که تحت عنوان طرح اجرایی بیابان زدایی امیرآباد دامغان نام برده می شود، با مساحت ۲۹۷۷۵ هکتار در جنوب و جنوب غربی شهرستان دامغان و در حدود ۱۰ کیلومتری از آن قرار گرفته است (شکل ۲). محدوده مورد مطالعه از شمال به جاده تهران مشهد و شهر دامغان، از جنوب به اراضی منطقه علیان و امروان، از شرق به

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

حاشیه کویر حاج علی قلی و از غرب به طرح بیابانزدایی قوشه محدود گردیده است. این منطقه به طور کامل در واحد دشت سر قرار داشته و فاقد کوهستان و پلایا می باشد. قسمت اعظم منطقه را جلگه رسی دربر گرفته است. همچنین، تمامی منطقه در محدوده ی کانون های بحرانی فرسایش بادی قرار دارد. تیپ دشت سر پوشیده بوده با شیب های بین ۱ تا ۴ درصد که به سمت پلایا امتداد می یابند. این منطقه از نظر زمین شناسی، گسترش وسیعی از مارن های نئوژن دارد که به دلیل حساسیت بالا به فرسایش، عامل اصلی تخریب کیفیت آب های سطحی و زیرزمینی در سطح حوضه محسوب می شوند. بر اساس طبقه بندی اقلیمی دوما رتن، این منطقه در محدوده فرا خشک قرار می گیرد. حدود ۸ ماه از سال در این منطقه خشکی حاکم است و تنها حدود ۴ ماه شرایط نیمه مرطوب برقرار می شود. جهت غالب بادهای شمال غرب به جنوب شرق است و بادهای شمالی و شرقی در رتبه های بعدی قرار دارند. شدت و سرعت باد در فصل تابستان به حداکثر خود می رسد، هرچند وزش باد در تمامی فصول سال جریان دارد. رسوبات ریزدانه مارنی و ماسه ای موجود در دشت سر پوشیده، توسط بادهای شمال غربی به سمت جنوب شرق منتقل شده و در حاشیه پلایا به صورت تپه های ماسه ای نهشته می شوند.



شکل ۲: نقشه منطقه مورد مطالعه

روش شناسی

کانال رسوب گیر: با هدف مهار و کنترل حرکات تپه های ماسه ای و رسوبات بادی چند سری کانال رسوبگیر توسط اداره کل منابع طبیعی استان سمنان در منطقه مورد مطالعه ایجاد شده است. کانال به عرض ۱۰۰ سانتی متر و با عمق ۱۰۰ سانتی متر با استفاده از بیل مکانیکی در جهت عمود بر باد غالب منطقه (شمال شرق - جنوب غرب) احداث گردیدند (شکل ۳). خاک برداشت شده از کانال در سمت بالادست منطقه (شمال غرب) بصورت خاکریز جمع گردید، به نحوی که، باد ابتدا با خاکریز برخورد نماید. سپس، خاک برداشت شده با فاصله ۲ متر از کانال بصورت مثلی دپو گردید. فواصل کانال ها از یکدیگر وابسته به میزان فرسایش خاک منطقه و پوشش گیاهی دارد.

طراحی تله رسوبگیر ساده برای جمع آوری رسوبات بادی

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

-تله رسوبگیر سطحی

به منظور تله‌اندازی رسوباتی که توسط نیروی باد بر روی سطح زمین جابجا می‌شوند، پس از بررسی‌های مختلف، پوششی از جنس پلی‌اتیلن به ابعاد یک در یک متر مربع تهیه شد، بطوری‌که، کاملاً بر روی سطح زمین قرار گرفت. این پوشش در انتها دارای ارتفاعی به میزان ۲۰ سانتیمتر است، که مانع از حرکت ذرات رسوب به تله‌افتاده می‌شود. در شکل ۴، شماتیک تله رسوبگیر سطحی مورد استفاده و نمونه‌ای اجرا شده در عرصه تحقیق ارائه شده است.



شکل ۳: نمونه‌ای از کانال و خاکریز اجرا شده در منطقه مورد مطالعه

-تله رسوبگیر ارتفاعی

به منظور تله‌اندازی رسوبات معلق در هوا، پس از بررسی‌های مختلف و انجام تست‌های اولیه، ساختاری متشکل از لوله‌ها و یک مخزن رسوب برای تله‌اندازی رسوبات (ارتفاع ۴۰ سانتیمتر) و پس از طراحی اولیه، نمونه ساخته شد (شکل ۴). این تله انداز رسوبی حالت سیفونی داشته و قطر ورودی ۷ و خروجی ۸ سانتیمتر بوده و با زاویه ۴۵ درجه به بخشهای مرکزی مرتبط می‌گردد و فاصله بین دو دهنه ۵۶ سانتیمتر می‌باشد.



ب



الف

شکل ۴: تله رسوبگیر سطحی (الف) و تله رسوبگیر عمقی (ب) در عرصه تحقیق

-استقرار تله‌های رسوبگیر

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

پس از چند مرحله بازدیدهای میدانی، با توجه به موقعیت کانال های رسوبگیر و خاکریزهای آن، تله رسوبگیر سطحی و ارتفاعی در سه نقطه (۳ تکرار)، پس از کانال های رسوبگیر در جهت باد غالب استقرار یافت. همچنین، تیمار شاهد متشکل از تله های رسوبگیر، در جلوی سیستم اجرا شده ی کانال های رسوبگیر تعبیه شد.

-نمونه برداری رسوبات بادی

پس از استقرار تله های رسوبگیر در منطقه مورد مطالعه، برداشت رسوبات تله اندازی شده با توجه به وضعیت باد و شرایط آب و هوایی شروع شد. بررسی سری داده های روزانه باد طی دوره آمار برداری نشان می دهد که حداقل رطوبت نسبی از ۴ تا ۲۹ درصد و حداکثر رطوبت نسبی از ۲۳ تا ۷۳ درصد متغیر می باشد. از طرفی حداقل سرعت حداکثر باد در منطقه برابر با ۶ و حداکثر ۲۳ کیلومتر بر ثانیه می باشد. از طرفی جهت باد غالب از سمت شمال غربی می باشد. نمونه گیری از اوایل اردیبهشت ماه ۱۴۰۳ شروع و تا مهرماه همان سال در بازه های چند روزه انجام شد و وزن هر نمونه اندازه گیری شد. این دوره با فصل بادهای غالب و رویدادهای فرساینده در منطقه مطالعاتی همزمان است.

تجزیه و تحلیل نمونه های برداشت شده

-آزمون نرمال بودن داده ها

به منظور بررسی نرمال بودن سری داده های وزن رسوب از روش کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. تست کولموگروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov)، یک آزمون پارامتری است، که برای بررسی نرمال بودن توزیع یک سری داده استفاده می شود. این آزمون، توزیع تجربی داده ها را با توزیع نرمال (یا هر توزیع نظری دیگر) مقایسه می کند. این آزمون برای تمامی سری داده های اخذ شده از تله های رسوبگیر انجام شد.

-آزمون برابری واریانس ها

آزمون لیون (Levene's Test)، یک آزمون آماری است، که برای بررسی برابری واریانس ها بین دو یا چند گروه استفاده می شود. این آزمون به ویژه در تحلیل هایی مانند ANOVA که فرض برابری واریانس ها (همسانی واریانس) دارند، کاربرد دارد. برخلاف آزمون بارتلت، که به نرمال بودن داده ها حساس است، آزمون لیون نسبت به انحراف از توزیع نرمال مقاوم تر است. انحراف مطلق از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$Z_{ij} = |y_{ij} - \bar{y}_j| \quad (1)$$

y_{ij} : مقدار مشاهده ای i ام در گروه j ام و $\bar{y}_j$: میانگین یا میانه گروه j ام می باشد. این آزمون نیز بر روی سری داده های اخذ شده از تله های رسوبگیر انجام شد.

$$W = \frac{(N - k)}{(k - 1)} \cdot \frac{\sum_{j=1}^k n_j (\bar{Z}_j - \bar{Z})^2}{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} (Z_{ij} - \bar{Z}_j)^2} \quad (2)$$

در آن N : تعداد کل مشاهدات، k : تعداد گروه ها، n_i : تعداد مشاهدات در گروه i ، $\bar{Z}_i$: میانگین Z_{ij} در گروه i و $\bar{Z}$: میانگین کل Z_{ij} می باشد.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

-آزمون t مستقل (Independent Samples t-test)

با توجه به ماهیت تیمار و شاهد و تعداد آنها، برای مقایسه میانگین‌های تیمار و شاهد، از روش آزمون تی مستقل استفاده شد. برای انجام این آزمون، داده‌ها باید نرمال بوده و واریانس‌ها با هم برابر باشند. آماره t از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{s_p^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (3)$$

در رابطه فوق، $\bar{x}$ ، میانگین سری و S ، انحراف معیار سری و n ، حجم نمونه می‌باشد. این آزمون برای داده‌های اخذ شده از تله رسوبگیر ارتفاعی انجام شد.

$$s_p^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 + 2} \quad (4)$$

-آزمون من-ویتنی (Mann-Whitney U Test)

در صورتی که، توزیع دو گروه مستقل از توزیع نرمال تبعیت نکنند، از آزمون من ویتنی استفاده می‌شود. آماره u از رابطه زیر حساب می‌شود. این آزمون بر روی داده‌های جمع‌آوری شده از تله رسوبگیر سطحی اعمال گردید.

$$U_1 = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - R_1 \quad (5)$$

$$U_2 = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - R_2 \quad (6)$$

n_1 و n_2 : حجم نمونه دو گروه.

R_1 و R_2 : مجموع رتبه‌های گروه ۱ و گروه ۲ پس از رتبه‌بندی ترکیبی

آماره U نهایی: کوچک‌ترین مقدار بین U_1 و U_2

آنالیز حساسیت داده‌ها

برای آنالیز حساسیت داده‌ها از دو روش مبتنی بر یادگیری ماشین و آماری زیر استفاده شد.

-روش جنگل تصادفی

استفاده از روش جنگل تصادفی در بررسی حساسیت داده‌ها و اهمیت ویژگی‌های جنگل تصادفی (Random Forest)، یک الگوریتم یادگیری ماشین نظارت‌شده است، که از مجموعه‌ای از درخت‌های تصمیم (Decision Trees) تشکیل شده است. در این روش، اهمیت هر ویژگی (پارامتر ورودی)، بر اساس میزان تاثیر آن در کاهش ناخالصی در گره‌های درخت‌ها محاسبه می‌شود. ناخالصی می‌تواند معیاری مانند واریانس (برای رگرسیون) یا شاخص Gini/Entropy (برای دسته‌بندی) باشد.

-روش Sobol

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

روش Sobol، یک رویکرد مبتنی بر واریانس است، که توسط ایلیا سوبول (Ilya Sobol) توسعه یافته است. این روش واریانس کل خروجی مدل را به اجزای مختلف تجزیه می کند، تا سهم هر پارامتر و تعاملات بین آن ها را در تغییرات خروجی مشخص کند. در آن شاخص های S1 (حساسیت مرتبه اول)، نشان دهنده سهم مستقیم هر پارامتر در واریانس خروجی است. بدون در نظر گرفتن تعاملات، ST (حساسیت کل)، شامل اثر مستقیم پارامتر به علاوه تمام تعاملات آن با سایر پارامترها است. دو آزمون ذکر شده برای بررسی حساسیت داده های اخذ شده از دو نوع تله رسوبگیر به داده های آب و هوایی انجام گرفت. داده های هواشناسی مور استفاده برای آنالیز حساسیت در مقیاس روزانه و شامل دمای حداقل، دمای حداکثر، رطوبت نسبی حداقل، رطوبت نسبی حداکثر، بارش، ساعات آفتابی، تبخیر، حداکثر سرعت باد، حداکثر سرعت باد از یک تا سه روز قبل می باشد.

نتایج و بحث

بررسی نتایج آمار توصیفی وزن نمونه ها

پس از برداشت های میدانی در تاریخ های مشخص شده، وزن نمونه در ۳۳ برداشت اندازه گیری شد. در جداول ۲ و ۳ برخی پارامترهای کمی آماری مربوط به وزن نمونه های اخذ شده از تیمار رسوبگیر ارتفاعی و سطحی ارائه شده است. میانگین وزن در تیمارها از ۰,۴۹ تا ۰,۵۱ گرم و در شاهد برابر با ۰,۷۶ گرم می باشد. حداقل وزن نمونه ها در تله رسوبگیر ۰,۱ در تکرار سوم و حداکثر وزن در تیمار شاهد برابر ۱,۱۷ گرم بوده است. چولگی داده ها در سه تکرار منفی، ولی برای تیمار شاهد مثبت می باشد.

جدول ۲: پارامترهای آماری وزن نمونه های اخذ شده (بر حسب گرم) از تیمار رسوبگیر ارتفاعی

تیمار	تعداد	کشیدگی	چولگی	واریانس	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل
Tr11	۳۳	-۰,۷۳۳	-۰,۱۱۵	۰,۰۲۴	۰,۱۵۴	۰,۵۲۳	۰,۷۸	۰,۱۸
Tr12	۳۳	-۰,۶۲۶	-۰,۳۰۱	۰,۰۱۸	۰,۱۳۳	۰,۴۹۱	۰,۷۱	۰,۲
Tr13	۳۳	۰,۶۶۱	-۰,۵۴۷	۰,۰۲۳	۰,۱۵۱	۰,۵۱۳	۰,۸	۰,۱
Trsh1	۳۳	۰,۱۸	۰,۲۹۱	۰,۰۲۳	۰,۱۵۱	۰,۷۶۳	۱,۱۷	۰,۵

میانگین وزن در تیمارها از ۸۶,۱ تا ۹۸,۵ گرم و در شاهد برابر با ۱۲۲,۶ گرم می باشد. حداقل وزن نمونه ها در تله رسوبگیر، ۱۶,۵ گرم در تکرار اول و حداکثر وزن در تکرار سوم برابر ۵۸۴,۳ گرم بوده است. چولگی داده ها در سه تکرار و برای تیمار شاهد مثبت می باشد. بیشترین انحراف معیار داده ها در تکرار سوم برابر با ۱۲۸,۶۲ گرم اندازه گیری شده است.

جدول ۳: پارامترهای آماری وزن نمونه های اخذ شده (بر حسب گرم) از تیمار رسوبگیر سطحی

تیمار	تعداد	کشیدگی	چولگی	واریانس	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل
Tr11	۳۳	۵,۲۰۸	۲,۳۰۹	۷۷۸۷,۷۷	۸۸,۲۴	۸۹,۸۰۸	۳۸۰,۳	۱۶,۵
Tr12	۳۳	۳,۶۸۱	۲,۰۵۵	۵۷۶۷,۲۹	۷۵,۹۴	۸۶,۱۷۹	۳۲۱,۵	۲۱,۱
Tr13	۳۳	۱۰,۲۰۲	۳,۲۱۴	۱۶۵۴۳,۹	۱۲۸,۶۲	۹۸,۵۵۶	۵۸۴,۳	۱۸,۸۷
Trsh1	۳۳	۸,۲۴۲	۲,۸۳۰	۱۴۴۳۹,۶	۱۲۰,۱۶	۱۲۲,۶۱۵	۵۶۲,۲۳	۱۱,۴۵

بررسی نرمال بودن سری داده ها در تیمارها و شاهد

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

برای بررسی نرمال بودن داده‌ها در نمونه‌های برداشت شده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده گردید (جدول ۴). بر اساس نتایج بدست آمده، تکرارهای مختلف تیمار رسوبگیر ارتفاعی به همراه شاهد در سطح ذکر شده معنی‌دار نبوده و بعبارت دیگر، توزیع این سری داده‌ها نرمال می‌باشد (مقدار آماره Z بین ۰,۴۱ تا ۰,۶۴ و سطح معنی‌داری بزرگتر از ۰,۰۵ می‌باشد). سری‌های مربوط به تکرارهای تیمار رسوبگیر سطحی و شاهد آن دارای توزیع غیرنرمال می‌باشند (مقدار آماره Z بین ۱,۸۸ تا ۲,۱۷ و سطح معنی‌داری کمتر از ۰,۰۵ می‌باشد).

جدول ۴: نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در سطح احتمال ۹۵ در تیمار و تکرارهای مختلف

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test							
تیمار	Tr23	Tr22	Tr21	Trsh1	Tr13	Tr12	Tr11
N	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳	۳۳
Kolmogorov-Smirnov Z	۲,۰۱	۲,۱۶	۲,۱۷	۰,۵۲	۰,۴۱	۰,۵۹	۰,۶۴
Asymp. Sig. (2-tailed)	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۰۰	۰,۹۵	۱,۰۰	۰,۸۸	۰,۸۰

آزمون برابری واریانس‌ها

برای بررسی برابری واریانس‌ها در سری‌های داده اندازه‌گیری شده مربوط به تله رسوبگیر ارتفاعی، از آزمون لیونز استفاده شد (جدول ۵). بر این اساس، با توجه به عدم معنی‌داری این تست، واریانس سری‌های تیمار ذکر شده با آزمون لیونز برابر می‌باشند (معنی‌داری از ۰,۰۵ بزرگتر می‌باشد).

جدول ۵: نتایج آزمون لیونز برای بررسی برابری واریانس‌ها

تیمار	Sig	F
Tr11	۰,۶۶۳	۰,۱۹۱
Tr12	۰,۶۱۳	۰,۲۵۸
Tr13	۰,۸۶۱	۰,۳۰۱

-بررسی مقایسه میانگین‌ها در تیمار تله رسوبگیر ارتفاعی

با توجه به ماهیت داده‌ها و تیمار و تکرارها و همچنین تعداد شاهد، از تست تی مستقل برای مقایسه میانگین‌ها بین تکرار و شاهد و همچنین متوسط تکرارها با شاهد استفاده شد (جدول ۶). بر اساس نتایج بدست آمده، مقدار آماره تی از ۶,۴- تا ۷,۷۷- متغیر می‌باشد و سطح معنی‌داری بین تیمارها با شاهد، کمتر از ۰,۰۵ می‌باشد. بر این اساس، کلیه تکرارها و به همراه متوسط تکرارهای تیمار با شاهد، از نظر آماری در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی‌دار آماری وجود دارد. بعبارت دیگر، استفاده از تله رسوبگیر ارتفاعی تغییر معنی‌داری در میزان رسوبات گرفتار شده در کانال رسوبگیر داشته است.

جدول ۶: نتایج آزمون تی مستقل

تیمار	Sig. (2-tailed)	t	انحراف معیار	df	میانگین
Tr11	۰,۰۰۰	-۶,۴	۰,۱۶۴۷۶	۶۴	-۰,۲۴۰۳۰
Tr12	۰,۰۰۰	-۷,۷۷	۰,۱۵۱۴۰	۶۴	-۰,۲۷۲۲۷
Tr13	۰,۰۰۰	-۶,۷۳	۰,۱۵۱۱۱	۶۴	-۰,۲۵۰۳۰

بررسی مقایسه میانگین‌ها در تیمار رسوبگیر سطحی

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

با توجه به معنی دار بودن آزمون کولموگروف-اسمیرنف برای وزن تیمارها و تکرار رسوبگیر سطحی، ابتدا سعی گردید، با روش تغییر سری داده ها به توزیع نرمال تبدیل شوند، که این امر محقق نشد. بر این اساس، از روش ناپارمتری من-ویتنی برای بررسی میانگین تیمارها با شاهد استفاده گردید (جدول ۷).

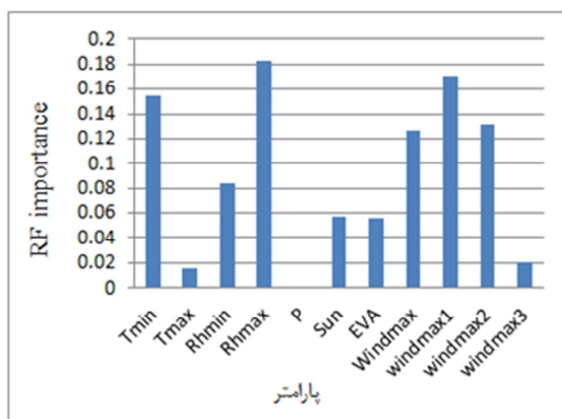
جدول ۷: نتایج آزمون من ویتنی برای داده های تله رسوبگیر سطحی

تیمار	Asymp. Sig. (2-tailed)	z
Tr21	۰,۰۰۱	-۳,۲۱
Tr22	۰,۰۰۱	-۳,۳۲
Tr23	۰,۰۰۳	-۳,۱۱

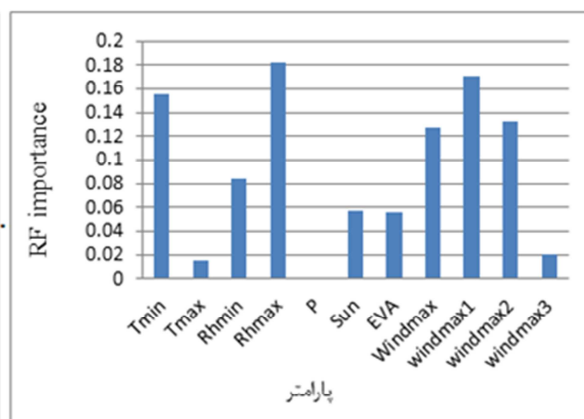
بر اساس نتایج بدست آمده، آماره z بین ۳,۱۱- تا ۳,۳۲- متغیر بوده و سطح معنی داری کمتر از ۰,۰۵ و ۰,۰۱ می باشد. بنابراین با سطح اطمینان ۹۹ درصد، می توان گفت بین تکرارهای تیمار و همچنین متوسط تکرارها با تیمار شاهد اختلاف معنی دار وجود دارد. بعبارت دیگر، کانال رسوبگیر باعث تغییر و تاثیر بر مقادیر رسوبات بادی عبوری از آن داشته است.

آنالیز حساسیت داده ها

آنالیز حساسیت داده ها با استفاده از روش آماری، مبتنی بر هوش مصنوعی و آماری مورد بررسی قرار گرفت. در شکل های ۵ و ۶، آنالیز حساسیت داده های تیمار شاهد تله رسوبگیر نسبت به متغیرهای اقلیمی با دور روش جنگل تصادفی و روش سوپول ارائه شده است. در روش جنگل تصادفی، رطوبت نسبی حداکثر و سرعت باد در روز قبل، تاثیر بیشتری بر تله اندازی رسوبات داشته اند و کمترین تاثیر مربوط به بارندگی و دمای حداکثر بوده است. نتایج حساسیت برای تله رسوبگیر سطحی نیز مشابه می باشد و رطوبت نسبی حداکثر، بیشترین تاثیر را داشته است، بطوری که، اهمیت نسبی جنگل تصادفی برای این پارامتر، ۰,۱۸ می باشد.

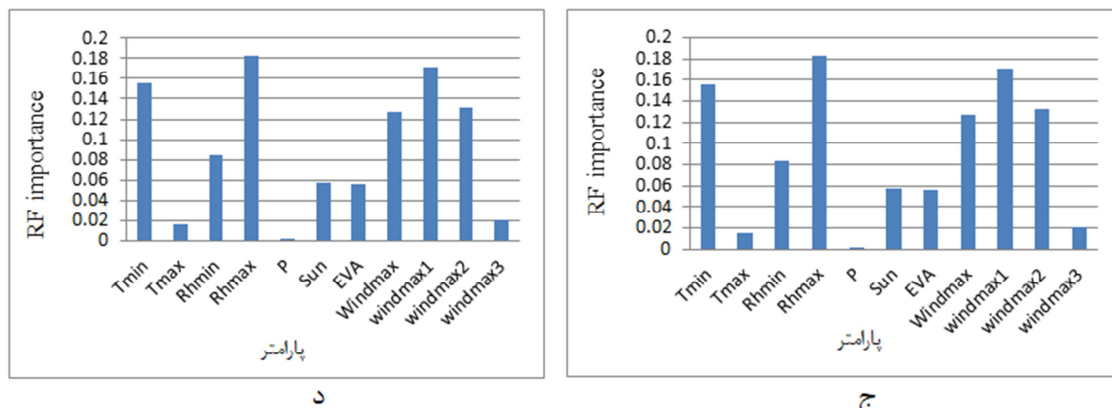


ب



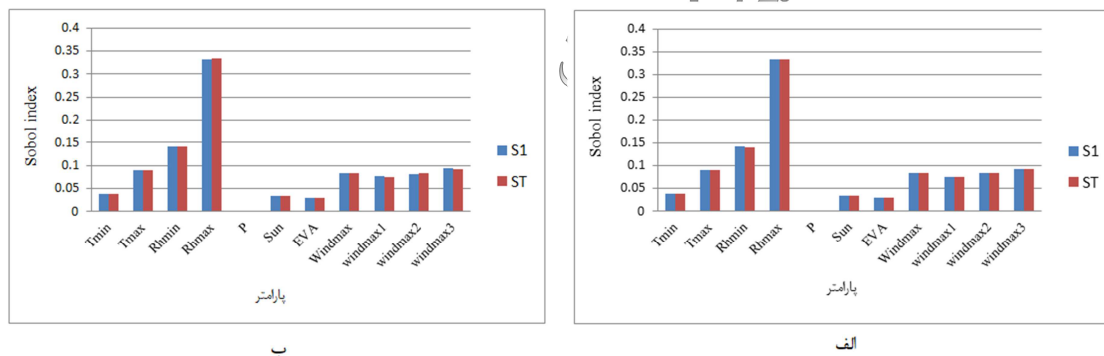
الف

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می‌باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.



شکل ۵: آنالیز حساسیت داده‌ها با روش جنگل تصادفی: الف: داده‌های تیمار شاهد تله رسوبگیر ارتفاعی، ب: تیمار شاهد تله رسوبگیر سطحی، ج: تیمارها در تله رسوبگیر ارتفاعی و د: تله رسوبگیر سطحی

در این روش، رطوبت نسبی حداکثر و سرعت باد در روز قبل تأثیر بیشتری بر تله‌اندازی رسوبات داشته‌اند و کمترین تأثیر مربوط به بارندگی و دمای حداکثر بوده است. در شکل ۳، نتایج آنالیز حساسیت برای روش سوپول برای مقادیر تجمع رسوب در تله‌های رسوبگیر ارتفاعی نسبت به پارامترهای اقلیمی آورده شده است. بیشترین مقادیر S_1 و ST ، مربوط به رطوبت نسبی حداکثر به میزان ۰٫۳۳ می‌باشد و پس از آن رطوبت نسبی حداقل به میزان ۰٫۱۴ برای هر دو شاخص می‌باشد. در این روش، تأثیر باد کاهش یافته است.



شکل ۶: آنالیز حساسیت داده‌های مقادیر وزن رسوبات با روش Sobol: الف: تیمار تله رسوبگیر ارتفاعی، ب: تیمار تله رسوبگیر سطحی بیشترین مقادیر S_1 و ST ، مربوط به رطوبت نسبی حداکثر به میزان ۰٫۳۲ و ۰٫۳۳ می‌باشد و پس از آن رطوبت نسبی حداقل به میزان ۰٫۱۴۵ برای هر دو شاخص می‌باشد. پس از آن، میزان باد در سه روز قبل نیز با مقادیر شاخص حدود ۰٫۱ نیز تأثیرگذاری بیشتری داشته است.

تحلیل یافته‌ها

این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر احداث کانال‌های رسوب‌گیر بر میزان تله‌اندازی رسوبات و کاهش انتقال رسوبات بادی در جنوب منطقه دامغان و غرب کویر حاج‌علی‌قلی (روستای علیان) انجام شد. عملیات برداشت میدانی از اردیبهشت تا مهرماه سال ۱۴۰۳ صورت گرفت و در مجموع، برای هر تیمار ۳۳ نمونه جمع‌آوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

احداث کانال همراه با خاکریز بالادست، الگوی جریان باد را به طور بنیادی تغییر می دهد. خاکریز به عنوان یک مانع، باعث جدایش جریان، تشکیل ناحیه گردابه ای و افزایش درگ شکلی می شود. این فرایندها سرعت باد نزدیک سطح زمین را کاهش می دهند و در نتیجه سرعت اصطکاکی را کم می کنند. پروفیل باد در پشت خاکریز دچار تغییر می شود و ناحیه سایه باد در فاصله حدود ۱۰ تا ۲۰ برابر ارتفاع خاکریز گسترش می یابد. کانال نیز به دلیل فرورفتگی، سرعت باد درون خود را کاهش داده و به عنوان یک تله رسوب عمل می کند. کانال با مقطع مشخص (عرض ۱ متر و عمق ۱ متر) حجمی برای ذخیره رسوب فراهم می کند. ذراتی که وارد کانال می شوند، به دلیل کاهش سرعت باد و افزایش فشار، انرژی جنبشی خود را از دست داده و ته نشین می شوند. دیواره های کانال نیز بازگشت مجدد ذرات به هوا را کاهش می دهند. با گذشت زمان، رسوبات انباشته شده و عمق مؤثر کانال کاهش می یابد. با پر شدن تدریجی کانال، عمق آن کم شده و در نتیجه سرعت باد درون کانال افزایش می یابد و راندمان تله اندازی کاهش می یابد. زمان پر شدن کانال به حجم کانال و چگالی ظاهری رسوب بستگی دارد. با توجه به نرخ رسوب گذاری شده و بر اساس بازدیدهای میدانی این زمان بین یک تا سه سال در منطقه خواهد بود.

بررسی اولیه داده ها نشان داد، که توزیع داده های مربوط به تیمار رسوب گیر ارتفاعی نرمال بوده، در حالی که داده های تیمار رسوب گیر سطحی و عمقی دارای توزیع غیر نرمال بودند. نتایج آزمون های آماری بیانگر وجود اختلاف معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین میانگین وزن رسوبات تله اندازی شده در تله های رسوب گیر سطحی و عمقی در تیمار و شاهد بود. این یافته نشان می دهد، که استفاده از کانال های رسوب گیر ارتفاعی تأثیر قابل توجهی بر افزایش میزان رسوبات به دام افتاده داشته است. نتایج حاصل با یافته های میرگوال و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد.

تحلیل حساسیت داده ها نسبت به پارامترهای اقلیمی منطقه با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی نشان داد، که رطوبت نسبی حداکثر و سرعت باد روز قبل بیشترین تأثیر را بر فرایند تله اندازی رسوبات دارند، در حالی که بارندگی و دمای حداکثر، کمترین نقش را ایفا می کنند. همچنین نتایج تحلیل حساسیت به روش سهول بیانگر آن بود، که بیشترین مقادیر شاخص های S1 و ST به رطوبت نسبی حداکثر و پس از آن رطوبت نسبی حداقل اختصاص دارد؛ در این روش، سهم تأثیرگذاری سرعت باد نسبت به روش جنگل تصادفی کمتر برآورد شد. با این حال، نتایج هر دو روش بر اهمیت شاخص های مرتبط با باد در انتقال و تله اندازی رسوبات تأکید دارند.

یافته های این پژوهش با نتایج خیرآبادی و همکاران (۱۳۹۷) نیز مطابقت دارد. آنان در بررسی کارایی نمونه گیر BSNE برای تله اندازی ذرات رسوب تحت سرعت های مختلف باد و اندازه های متفاوت ذرات خاک، نشان دادند، که میزان رسوب انتقال یافته با افزایش ارتفاع به صورت نمایی کاهش می یابد. همچنین افزایش سرعت باد موجب افزایش تولید و انتقال رسوب شده، در حالی که افزایش اندازه ذرات خاکدانه باعث کاهش میزان انتقال رسوب می شود. شدت انتقال ذرات در مجاورت سطح زمین برای خاک های با اندازه ذرات D2mm، D4.75mm و D8mm به ترتیب در دامنه ۰٫۲۸ تا ۰٫۱۱، ۰٫۱۹ تا ۱٫۰۶ و ۰٫۲۳ تا ۰٫۶۵ گرم بر سانتی مترمربع در دقیقه گزارش شد. علاوه بر این، کارایی نمونه گیر رسوب بسته به سرعت باد و اندازه ذرات خاک بین ۵۳ تا ۸۲ درصد متغیر بود. نتایج مذکور همچنین نشان داد، که انتقال پذیری ذرات رسوب به ازای واحد سرعت باد با افزایش ارتفاع از سطح زمین به صورت نمایی کاهش می یابد. از سوی دیگر، در میان کلاس های مختلف اندازه ذرات، دامنه ۱۲۵ تا ۵۰۰ میکرون بیشترین میزان انتخاب پذیری را در نمونه گیرهای نصب شده در ارتفاع های ۱۰ و ۳۰ سانتی متری نشان داد.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

نتایج پژوهش حاضر همچنین با یافته‌های یزدانی و همکاران (۱۴۰۴) همسو است. آنان گزارش کردند، که بازدهی نگهداشت در هر دو نوع تله رسوب‌گیر و برای هر دو بافت خاک مورد بررسی بیش از ۹۵ درصد بوده است. با این حال، تله‌های مورد مطالعه در جمع‌آوری ذرات بسیار ریز (کمتر از ۱۰۰ میکرون) و ذرات بسیار درشت (بیش از یک میلی‌متر) از کارایی کمتری برخوردار بودند. در مقابل، تله CSC به دلیل ویژگی‌های طراحی و ساختار هندسی خود، توانایی بیشتری در جمع‌آوری ذرات شنی نشان داد. همچنین با افزایش سرعت باد، بازدهی جمع‌آوری تله MWAC در هر دو بافت خاک شنی و لوم‌شنی افزایش یافت، در حالی که در تله CSC بازدهی تا سرعت حدود ۸ متر بر ثانیه روند افزایشی داشته و پس از آن کاهش پیدا کرد. این تفاوت عملکرد عمدتاً ناشی از ویژگی‌های هندسی و آیرودینامیکی متفاوت تله‌ها است.

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، که کارایی تله‌های رسوب‌گیر در جمع‌آوری، نگهداشت و انتخاب‌گری ذرات رسوب، به شدت تحت تأثیر توزیع دانه‌بندی خاک، سرعت باد و ویژگی‌های هندسی و آیرودینامیکی سامانه‌های رسوب‌گیر قرار دارد. همچنین احداث کانال‌های رسوب‌گیر می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر در کاهش انتقال رسوبات بادی و کنترل فرسایش بادی در مناطق خشک و بیابانی مورد توجه قرار گیرد.

نتیجه‌گیری آمادۀ انتشار بدون شماره مجله

با توجه به بررسی منابع موجود، تاکنون پژوهش جامعی در زمینه ارزیابی کارایی کانال‌های رسوب‌گیر در استان سمنان و به‌ویژه منطقه مورد مطالعه انجام نشده است. از این‌رو، پژوهش حاضر از جنبه تولید دانش بومی در زمینه مدیریت فرسایش بادی و کنترل انتقال رسوبات دارای اهمیت ویژه‌ای است. همچنین طراحی و ساخت یک نمونه تله رسوب‌گیر لوله‌ای ساده با استفاده از مواد بازیافتی، از جمله جنبه‌های نوآورانه این تحقیق محسوب می‌شود، که می‌تواند به کاهش هزینه‌های اجرایی و افزایش قابلیت کاربرد آن در پروژه‌های بیابان‌زدایی کمک کند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، که کانال‌های رسوب‌گیر تأثیر معنی‌داری در کاهش میزان رسوبات بادی منتقل‌شده در سطح زمین و لایه‌های نزدیک به سطح دارند. به عبارت دیگر، این سازه‌ها توانسته‌اند بخشی از رسوبات حمل‌شده توسط باد را به دام انداخته و از انتقال آن‌ها به مناطق پایین‌دست جلوگیری کنند.

بنابراین، استفاده از کانال‌های رسوب‌گیر می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر، کم‌هزینه و قابل اجرا در برنامه‌های کنترل فرسایش بادی، تثبیت تپه‌های ماسه‌ای و کاهش مخاطرات ناشی از انتقال رسوبات در مناطق خشک و بیابانی مورد توجه قرار گیرد. البته تغییر در ابعاد کانال در اثر رسوبگذاری، آسیب به تله‌های رسوب‌گیر (انسانی و غیر انسانی) و شرایط آب و هوایی برای نمونه بردای از جمله محدودیتهای این تحقیق محسوب می‌شود. با توجه به ضرورت تحقیقات بیشتر برای بررسی کارایی تکنیک توسعه داده شده و انجام کالیبراسیون پیشنهاد می‌شود تحقیقات آتی در این زمینه متمرکز شود. همچنین، برای تکمیل نتایج این پژوهش، انجام مطالعات آتی با هدف بررسی تأثیر آرایش‌های مختلف و سری‌های متوالی کانال‌های رسوب‌گیر بر میزان کاهش انتقال رسوبات بادی و تعیین فاصله بهینه بین کانال‌ها توصیه می‌شود. به‌رحال با توجه به نتایج بدست آمده پیشنهاد می‌شود سازمان‌های اجرایی مرتبط، به‌ویژه در حوزه منابع طبیعی و آبخیزداری، استفاده از این روش را در طرح‌های فوری مقابله با فرسایش بادی و مدیریت اراضی بیابانی مدنظر قرار دهند.

این نسخه موقت و قبل از چاپ نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله نویسندگان مقاله از همه عزیزانی که در انجام این تحقیق همکاری نمودند، کمال سپاسگزاری را دارند.

منابع

- آریان‌فر، علی، شفاعی بجستان، محمود، خسروجردی، امیر و بابازاده، حسین. (۱۳۹۲). بررسی آزمایشگاهی تاثیر اندازه ذرات رسوبی و هندسه ورودی و خروجی بر راندمان حوضچه های تله‌اندازی رسوب. *نشریه حفاظت منابع آب و خاک*، ۱ (۳)، ۱-۱۷.
- ۲۰، ۱۰۰۱، ۱، ۲۲۵۱۷۴۸۰، ۱۳۹۲، ۳، ۱، ۱، ۳
- اختصاصی، محمدرضا. (۱۳۹۲). بررسی مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی در دشت یزد-اردکان. رساله دکتری دانشگاه تهران.
- اختصاصی، محمدرضا، علیمردادی، مهتاب، شرافتی، محمد، گرشاسبی، پرویز و باقری فهرجی، رضا. (۱۴۰۱). مقایسه دبی جریان رسوبات بادی در اراضی با سنگ فرش بیابان و بدون سنگفرش با استفاده از تله‌های رسوبگیر مدل سیفونی نسل ۳ در دشت یزد. پنجمین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان های گرد و غبار.
- باباخانی، سجاد. (۱۳۹۱). کاربرد مالچ سنگریزه‌ای در کنترل فرسایش بادی و تثبیت شن‌های روان (مطالعه موردی: خاک‌های دشت اژیه اصفهان. سومین همایش ملی مقابله با بیابان زایی و توسعه پایدار تالاب‌های کویری ایران.
- حجه فروش‌نیا، شیدا، خسروشاهی، محمد و برهانی، مسعود. (۱۴۰۰). ارزیابی کارایی روش مالچ سنگی در مقابله با فرسایش بادی (مطالعه موردی: دشت سگزی و دشت فسااران اصفهان)، کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۹ (۲): ۱۱۳-۱۳۵.
- حسنی درآباد، فرهاد، مشهدی، ناصر و کشتکار، امیررضا. (۱۴۰۲). مورفولوژی، تحرک و ویژگی‌های اندازه ذرات رسوب در تپه‌های ماسه‌ای جدید مطالعه موردی: آرگ جوان آبشیرین، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۵ (۴)، ۱۲۳-۱۴۵.
- خوشمرام، شیمیا و دلایان، محمدرضا. (۱۴۰۱). اثر زمان بر مؤلفه های شدت جریان فرسایش بادی در جنوب شرقی حوضه دریاچه ارومیه، *مجله مدیریت خاک و تولید پایدار*، ۱۲ (۱)، ۱۰۱-۱۱۹.
- خیرآبادی، حسین، محمودآبادی، مجید، جلالی، وحیدرضا و نقوی، هرمزد. (۱۳۹۷). ارزیابی کارایی نمونه‌گیر BSNE و ظرفیت انتقال‌پذیری ذرات رسوب حاصل از فرسایش بادی با استفاده از آزمایش تونل باد. *مهندسی زراعی*، ۴۱ (۲)، ۲۷-۴۲.
- عبدلی، سیما، خلیلی مقدم، بیژن و رهنما، مجید. (۱۳۹۴). بررسی آزمایشگاهی کارایی نسبی تله‌های رسوب‌گیر ریزگرد MWAC، MDCO و CDS. *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی (علوم آب و خاک)*، ۱۹ (۷۱)، ۲۲۹-۲۴۰.
- طرح شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی کشور، ۱۳۸۱. دفتر فنی تثبیت شن و بیابانزایی.
- قائم‌نیا، علی محمد. (۱۳۹۴). معرفی و ارزیابی قابلیت‌ها و محدودیت‌های تله رسوب‌گیر فرسایش بادی EDST. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۲۲ (۲)، ۳۵۶-۳۷۲.
- قیصری، مسعود، اختصاصی، محمدرضا، علیمردادی، مهتاب، برقی جهرمی، محمدصالح. (۱۴۰۳). بررسی و مقایسه راندمان جذب و نگهداشت دو نوع تله رسوب‌گیر BSNE و سیفونی نسل ۳ در شرایط آزمایشگاهی تونل باد و شرایط طبیعی. *مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۱۳ (۴۳)، ۱۰۷-۱۱۹.
- کیانیان، محمدکیا. (۱۳۹۲الف). نقش تثبیت تپه‌های ماسه‌ای بر مسائل اقتصادی - اجتماعی مناطق روستایی (مطالعه موردی: شهرستان دامغان)، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، دانشگاه یزد.
- کیانیان، محمدکیا. (۱۳۹۲ب). مدیریت و تکنیک‌های مهار بیابانزایی در ایران، نخستین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی سیمای سرزمین، نخستین کنفرانس بین‌المللی اکولوژی، ۱۳۹۲. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- یزدانی، مسلم، عظیم‌زاده، حمید، کریم زاده، حمیدرضا و سلیمانی، محسن. (۱۴۰۴). بررسی کارایی نسبی تله‌های رسوبگیر CSC و MWAC برای دو نوع بافت خاکی لومی شنی و شنی در شرایط آزمایشگاهی. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۳۲ (۱)، ۱۸-۳۴.
- Al-Bakri, J. T., Brown, L., Gedalof, Z. E., Berg, A., Nickling, W., Khresat, S., Salahat, M. & Saoub, H. (2016). Modelling desertification risk in the north-west of Jordan using geospatial and remote sensing techniques. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(2), 531-549. <https://doi.org/10.1080/19475705.2014.945102>

- Strypsteen, Glenn, Delgado-Fernandez, Irene, Derijckere, J., and Rauwoens, P. (2024). Fetch-driven aeolian sediment transport on a sandy beach: A new study, *Earth Surface Processes and Landforms*, 49 (5), 1530-1543. <https://doi.org/10.1002/esp.5784>.
- Eichmanns, C., Lechthaler, S., Zander, W., Pérez, M. V., Blum, H., Thorenz, F., & Schüttrumpf, H. (2021). Sand trapping fences as a nature-based solution for coastal protection: An international review with a focus on installations in Germany. *Environments*, 8(12), 135. <https://doi.org/10.3390/environments8120135>.
- Eichmanns, C., & Schüttrumpf, H. (2022). A Nature-Based Solution for Coastal Protection: Wind Tunnel Investigations on the Influence of Sand-Trapping Fences on Sediment Accretion. *Frontiers in Built Environment*, 8, 878197.
- Han, Y., Zhao, W., Zhou, A., & Pereira, P. (2023). Water and wind erosion response to ecological restoration measures in China's drylands. *Geoderma*, 435, 116514.
- Gee, G. W. (1986). Particle size analysis. *Methods of soil analysis/ASA and SSSA*.
- Moshayedi, Ata Jahangir, Jafari Harandi, M., Keshavarzi, A., & Heidari, F. (2023). Feasibility Assessment of Sediment Trappers Design from Structure to Simulation in Iran: Study and Comparison. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.* 42 (12), 4118-4131. [10.30492/ijcce.2023.1989550.5867](https://doi.org/10.30492/ijcce.2023.1989550.5867)
- Kaplan, S., Basaran, M., & Erpul, G. (2024). Assessing the performance of wind erosion prediction models of RWEQ and SWEEP by direct measurements in an arid region. *Soil and Tillage Research*, 240, 106086.
- Khosravi, F., Tazeh, M., Naeini, S., & Kalantari, S. (2020). Evaluation and comparison of ImageJ and GIAS software with mechanical sieving in automatic particle-size distributions. *Journal of Arid Biome*, 9(2), 29-42.
- Labiadh, M. T., Rajot, J. L., Sekrafi, S., Ltifi, M., Attoui, B., Tlili, A., Hlel, M., Bergametti, G., des Tureaux, T. H., & Bouet, C. (2023). Impact of Land Cover on Wind Erosion in Arid Regions: A Case Study in Southern Tunisia. *Land*, 12(9), 1648. <https://doi.org/10.3390/land12091648>.
- Li, X. Y., Liu, L. Y., & Wang, J. H. (2004). Wind tunnel simulation of aeolian sandy soil erodibility under human disturbance. *Geomorphology*, 59(1-4), 3-11.
- Liu, X., Xu, J., Qi, F., & Fan, D. (2023). Sediment settling process revealed by a bottom-tethered sediment trap at the east tip of the Shandong Peninsula. *Continental Shelf Research*, 264, 105025.
- Mir-Gual, M., Pons, G. X., Delgado-Fernandez, I., and Smyth, T. A. G. (2023). Field Measurement of Surface Wind and Sediment Transport Patterns in a Coastal Dune Environment, Case Study of Cala Tirant (Menorca, Spain), *Journal of Marine Science and Engineering*, 11, 2361, <https://doi.org/10.3390/jmse11122361>.
- Salehi, F., Panahi, F., & Abbasi, H. (2024). Estimation of wind erosion threshold velocity using a wind tunnel device in dust sources in Khuzestan, Iran (case study: Mahshahr, Omidyeh, Hendijan). *Environmental Erosion Research Journal*, 14(1), 204-218.
- Shahabinejad, N., Mahmoodabadi, M., Jalalian, A., & Chavoshi, E. (2019). The fractionation of soil aggregates associated with primary particles influencing wind erosion rates in arid to semiarid environments. *Geoderma*, 356, 113936.
- Song, D., Zhao, W., Li, G., Wei, L., Wang, L., Yang, J., Wu, H., & Ma, Q. (2024). Utilizing sediment grain size characteristics to assess the effectiveness of clay-sand barriers in reducing aeolian erosion in Minqin Desert area, China. *Journal of Arid Land*, 16(5), 668-684. <https://doi.org/10.1007/s40333-024-0075-2>
- Zhang, K., Pan, J., An, Z., Xue, C., & Xie, S. (2025). Impact of sand-blocking fence porosity on near-surface dynamic aeolian processes. *Geomorphology*, 487, 109928. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2025.109928>
- Zhang, M., Li, Q., Hou, J., & Ji, S. (2025). Evaluation of protection benefits of sand barrier fence with different heights on desert highway. *PLOS ONE*, 20(8), e0324869. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0324869>.