Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Assessing the impact of a new method of rainwater use on vegetation restoration, land reclamation, and dust control

Forood Sharifi[1], Sahel Haghighi[2*], Hadi Kargar[3], Rahim Kazemi[4], Hamid Davoodi[5], Mansour Chatrnor[6], Zieaodin Shoaei[7]

1. Professor, Hydrology and Water Resources Development Research Group, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: fs1338@yahoo.com
2. Research Expert, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: Sahel.haghighi66@gmail.com
3. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: Hadi_k1360@yahoo.com
4. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: Ra_hkazemi@yahoo.com
5. Research Expert, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: Hamid_davoody@yahoo.com
6. Research Expert, Iran's Soil and Water Research Institute, Iran, Email: m.chatrnor@gmail.com
7. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: zshoai@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Scientific and Promotional Paper

Article history

Received: 11 March 2025

Revised: 16 May 2025

Accepted: 21 May 2025

Published online: 13 June 2025

Keywords:

Soil, Soil Rehabilitation, Storm, Watershed

ABSTRACT

In this study, using modern technologies and a model for soil rehabilitation, a comprehensive solution is proposed for the restoration of alluvial desert lands in an area near Hendijan (one of the hot spots in Khuzestan province). In the year 2001, three provinces faced the issue of fine dust; after five years, the problem doubled, and after 10 years, it expanded to 14 provinces. Although large dust storms do not occur frequently, when they do happen along their path, they can be either amplified or weakened, resulting in prolonged and more widespread regional damage. Therefore, implementing local source control measures can lead to regional dust control and reduce the intensity, concentration, and persistence of widespread dust storms. The study adopts a multi-dimensional approach that includes: using seasonal precipitation and flash floods for soil rehabilitation, aquifer recharging and soil leaching, employing bioengineering measures and planting drought-resistant vegetation, reducing salinity and evaporation, as well as preserving soil moisture. Implementing this model on 1,000 ha of alluvial lands has led to land restoration and effective, long-term control of dust storms with accompanying social benefits. Important outcomes of the project include: eliminating the need to transfer hundreds of billions of cubic meters from conventional water resources at high costs, Preventing the salinization and alkalization of lands, eliminating the use of oil-based mulches (which are not only expensive but also environmentally harmful), achieving a fully integrated rehabilitation of the lands as a more sustainable option (in contrast to point-wise planting of 200 low-yield trees per ha, which incurs several times higher costs and comes with maintenance and environmental challenges). This innovative model can serve as an efficient framework for the rehabilitation of other areas affected by soil erosion and dust storms. It plays an important role in sustainable land development and the improvement of environmental conditions, as well as in the production of forage, food, and industrial products with higher advantages, lower costs, and greater sustainability.

Citation: Sharifi, F., Haghighi, S., Kargar, H., Kazemi, R., Davoodi, H., Chatrnor, M., & Shoaei, Z. (2025). Assessing the impact of a new method of rainwater use on vegetation restoration, land reclamation, and dust control, Iran. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, 13(1), 103-120.

DOR:

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association

© Author(s)

***Corresponding author:** Sahel Haghighi
Address: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran.
Tel: +989188866733
Email: sahel.haghighi66@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Assessing the impact of a new method of rainwater use on vegetation restoration, land reclamation, and dust control

Forood Sharifi[1], Sahel Haghighi[2*], Hadi Kargar[3], Rahim Kazemi[4], Hamid Davoodi[5], Mansour Chatrnor[6], Zieaodin Shoaei[7]

1. Professor, Hydrology and Water Resources Development Research Group, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: fs1338@yahoo.com
2. Research Expert, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: Sahel.haghighi66@gmail.com
3. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: Hadi_k1360@yahoo.com
4. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: Ra_hkazemi@yahoo.com
5. Research Expert, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: Hamid_davoody@yahoo.com
6. Research Expert, Iran's Soil and Water Research Institute, Iran, Email: m.chatrnor@gmail.com
7. Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, Email: zshoai@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Wind erosion is a phenomenon that occurs most often in arid and semi-arid regions. One of the main ways to prevent wind erosion is to develop vegetation and mulching. Mulches and various soil covers, by adhering individual particles, first stabilize the unstable substrate and provide the necessary conditions for the establishment of vegetation.

Methodology: Field operation and the implementation of biological, biomechanical and mechanical measures in the desired area resulted in soil reclamation. The ground surface (percentage of canopy cover, litter, bare soil, rocks and pebbles) was randomly sampled and examined from the habitats to a depth of 60 cm (from two depths of zero to 30 and 30 to 60 cm from the soil surface) Then, using multi-temporal satellite images (NDVI) of the vegetation cover of the area, changes of plant cover were identified. The characteristics of the resulting plant communities were also examined.

Results and Discussion: The results of the study of the plant community level after the research showed that the highest level was observed in the Prosopis Juliflora community and the lowest in Halopyrum mocronatum. Also, the highest percentage of canopy cover belonged to the Prosopis stephaniana community (44.83 %) and the lowest percentage of canopy cover belonged to the Halopyrum mocronatum species (17.69 %). The results after conducting land reclamation and development research showed that in the study area, the density and surface of vegetation cover has grown well and the amount of dust in that area has been controled. Also, after implementing the vegetation reclamation operation, the percentage of soil, stone and gravel decreased by (87.16 %). The protective layer of vegetation in the target area has significantly reduced the amount of soil erosion and suspended dust particles in that area (79.33 %).

Conclusion: Over the past decade, there has been significant focus on economically viable desertification projects that emphasize continuous public cooperation and participation. One of the most successful examples is the Hendijan pilot project, with similar achievements observed internationally in China, South Korea, and the Netherlands. The technical expertise gained from this model has proven invaluable in addressing one of Iran's pressing environmental challenges-controlling dust hotspots.This pilot demonstrates that, in line with the natural capacities of the region, such projects can yield extensive benefits by increasing vegetation cover and stimulating aquaculture. Additionally, they create employment opportunities and support the implementation of various hydrodynamic technologies involving tidal flows, fisheries, and integrated plant-animal production systems. The resulting job creation not only boosts tourism and enhances agricultural and industrial services but also raises local incomes. At its core, the project capitalizes on the economic potential of the country's delta regions by adopting a comprehensive watershed management approach and sustainable planning. This strategy seeks to utilize resource revenues for local development, improve community livelihoods, and reduce the advancing threat of desertification. Ultimately, the goal is to mitigate the origins of dust storms, protect vulnerable populations, and ensure that communities have access to a decent standard of living, adequate income, and improved life

***Corresponding author:** Sahel Haghighi
Address: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran.
Tel: +989188866733
Email: sahel.haghighi66@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

expectancy. The project's outcomes reveal that this method is scalable, cost-effective, sustainable, and participatory. It efficiently harnesses seasonal rainfall and flood events, thereby challenging traditional contractor-oriented, non-participatory approaches. Importantly, it achieves these benefits without the need for extensive water transfer infrastructures, while also avoiding social disruptions and preventing soil salinization and alkalization. Furthermore, eliminating the need for costly and environmentally risky oil mulch spraying stands out as a key achievement. Continuous monitoring and evaluation of the implemented model are essential. This ongoing process will help to reinforce its strengths, address any weaknesses, and further solidify this innovative approach to managing natural resources and combating desertification.

Ethical Considerations

Data availability statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: This research is an independent study and part of the results of a research project, which was conducted with the financial support of the Natural Resources and Watershed Management Organization and Vice President for Science and Technologyof Iran.

Authors' contribution: Sahel Haghighi, as the main author of the article, and Professor Foroud Sharifi participated in all different parts of the article: data collection, drafting the article, analysis and interpretation of the article data, and Hadi Kargar, Rahim Kazemi, Hamid Davoudi, Mansour Chatranour, and Ziauddin Shoaei participated and collaborated in part of the data collection and review of the article.

Conflicts of interest: The authors of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Acknowledgment: We are grateful for the effective cooperation of Mr. Javid Asefi, Mr. Parviz Yousefvand, Dr. Farzin Fadaei, Dr. Ali Karami Khaniki, Dr. Amir Hossein Charkh Abi, and Dr. Mohammad Reza Gharib Reza.

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

ارزیابی تاثیر یک روش جدید استفاده از آب باران در استقرار پوشش گیاهی، احیای اراضی و کنترل گرد و غبار

فرود شریفی[۱]، ساحل حقیقی[*۲]، هادی کارگر[۳]، رحیم کاظمی[۴]، حمید داودی[۵]، منصور چترنور[۶]، ضیاءالدین شعاعی[۷]

۱. استاد، گروه پژوهشی هیدرولوژی و توسعه منابع آب، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ایران fs1338@yahoo.com
۲. کارشناس پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ایران Sahel.haghighi66@gmail.com
۳. استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ایران Hadi_k1360@yahoo.com
۴. استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ایران Ra_hkazemi@yahoo.com
۵. کارشناس پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ایران Hamid_davoody@yahoo.com
۶. کارشناس پژوهشی، موسسه تحقیقات خاک و آب، ایران m.chatrnor@gmail.com
۷. دانشیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ایران zshoai@gmail.com

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
علمی ترویجی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۲۱ اسفند ۱۴۰۳
بازنگری: ۲۶ اردیبهشت ۱۴۰۴
پذیرش: ۳۱ اردیبهشت ۱۴۰۴
انتشار برخط: ۲۳ خرداد ۱۴۰۴

واژه‌های کلیدی:
خاک، احیای اراضی، طوفان، آبگیر

چکیده

در این پژوهش، با استفاده از فناوری‌های نوین و مدل الگویی احیاء خاک، راه‌کاری جامع برای احیای اراضی دلتایی بیابانی کانون گرد و غبار، در یکی از کانون‌های منشا گرد و غباردر ناحیه‌ای هندیجان (استان خوزستان) ارائه شده است. در سال ۱۳۸۰ سه استان کشور با معضل ریزگرد مواجه بوده‌اند که بعد از ۵ سال دوبرابر و پس از ده سال معضل به ۱۴ استان گسترش یافته است. گرچه طوفان‌های بزرگ به‌صورت مکرر اتفاق نمی‌افتد ولی در صورت وقوع در مسیر حرکت می‌تواند تقویت و یا تضعیف شده و تداوم و آسیب فرامنطقه‌ای بیش‌تری وارد کند. لذا اقدامات کنترل منشاء محلی می‌تواند منجر به کنترل گرد و غبار منطقه‌ای و کاهش شدت، غلظت و تداوم طوفان‌های فرامنطقه‌ای شود. این پژوهش از رویکردی چندجانبه بهره برده که شامل استفاده از بارش‌های فصلی و سیلاب ناگهانی برای احیای خاک، آبخوان‌داری، خاک‌شویی، به‌کارگیری اقدامات بیومهندسی و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی، کاهش شوری و تبخیر و حفظ رطوبت خاک می‌شود. اجرای این مدل در ۱۰۰۰ هکتار از اراضی دلتایی، منجر به احیای زمین و کنترل مؤثر گرد و غبار با پایداری بلندمدت و منافع اجتماعی شده‌است. از دستاوردهای مهم این طرح، عدم ضرورت انتقال صدها میلیارد مترمکعب از منابع متعارف آبی با هزینه‌های گزاف، جلوگیری از شور و قلیایی شدن اراضی، حذف استفاده از مالچ نفتی (که علاوه‌بر پرهزینه بودن از نظر محیط‌زیستی نیز آسیب‌زا بوده) و احیای یکپارچه اراضی به‌صورت کامل به‌عنوان یک گزینه پایدارتر شده است. این مدل نوین می‌تواند الگویی کارآمد برای احیای سایر مناطق آسیب‌دیده از فرسایش خاک و گرد و غبار باشد و نقش مهمی در توسعه پایدار اراضی و بهبود شرایط محیط، تولید محصولات علوفه‌ای، خوراکی و صنعتی با مزیت محیط‌زیستی بالاتر، هزینه کم‌تر و پایداری بالاتر ایفا کند.

استناد: شریفی، فرود، حقیقی، ساحل، کارگر، هادی، کاظمی، رحیم، داودی، حمید، چترنور، منصور، و شعاعی، ضیاءالدین. (۱۴۰۴). ارزیابی تاثیر یک روش جدید استفاده از آب باران در استقرار پوشش گیاهی، احیای اراضی و کنترل گرد–وغبار. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران*، ۱۳(۱)، ۱۰۳-۱۲۰.
DOR:
ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران

© نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** ساحل حقیقی
نشانی: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ایران
تلفن: ۰۹۱۸۸۸۶۶۷۳۳
پست الکترونیکی: sahel.haghighi66@gmail.com

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

مقدمه

تغییرات محیط زیست ناشی از بهره‌برداری انسان و تغییرات اقلیمی منطقه‌ای در طولانی مدت مشکلات زیادی در جهان به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌وجود آورده است. برخی از فعالیت‌های انسانی و وزش بادهای شدید به‌طور جدی به خاک و پوشش‌گیاهی آسیب وارد کرده و منجر به وقوع طوفان‌های گرد و غبار در آن مناطق می‌شود. در مناطقی که حداقل پوشش‌گیاهی وجود دارد، خطر وقوع طوفان‌های گرد و غبار افزایش می‌یابد. خاک‌هایی که فاقد رطوبت هستند در واقع خشک و آسیب‌پذیرترند و بیش‌تر در معرض فرسایش و طوفان‌های گرد و غبار قرار می‌گیرند. مواردی که پس از طی چندین دوره از ترسالی پوشش گیاهی افزایش یافته است، پوشش از خاک محافظت می‌کند (حقیقی و اخضری، ۱۳۹۴). آلودگی هوای ناشی از طوفان‌های گرد و غبار در بسیاری از مناطق کشور به‌عنوان معضل محیط زیست ملی، ابعاد اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و فنی داشته و تعیین کانون‌های گرد و غباری بالقوه و بالفعل، تعیین میزان تاثیرگذاری و شناسایی مکانیزم‌های حاکم بر این کانون‌ها بسترساز برنامه‌ریزی هوشمندانه مقابله با این طوفان‌ها است. هرچند طی سالیان گذشته طوفان‌های گرد و غبار یکی از خصوصیات اقلیمی مناطق خشک و نیمه خشک بوده، ولی افزایش وقوع طوفان‌های به‌خصوص در مناطق غربی کشور (سرپل ذهاب و ملایر) از چند روز در سال به چند ده روز و در برخی از سال‌ها به بیش از ۱۰۰ روز رسیده است (حقیقی و اخضری، ۱۳۹۴). طرح‌های مختلف سازگاری گونه‌ها در تثبیت ماسه‌های روان، پژوهش در زمینه ایجاد مراتع شنی، کاشت اکالیپتوس و گونه‌های صنعتی در ماسه‌زارها، پژوهش در علل مرگ‌ومیر گیاهان از جمله گزشاهی و تاغزارها تحت تاثیر نوسانات رطوبت در فصول مختلف، و هم‌چنین مقایسه روش‌های مختلف تثبیت ماسه‌های روان در موسسه تحقیقاتی صورت گرفته که نتایج برخی از آن‌ها در خوزستان توسط دستگاه‌های اجرائی مورد استفاده قرار می‌گیرد (شریفی و همکاران، ۱۳۹۹).

منشاء اصلی طوفان‌های گرد و غبار فرسایش سطحی خاک و فرسایش بادی است. به‌طورکلی میزان فرسایش تحت تاثیر برخی از عوامل محیطی از جمله: سرعت باد، خصوصیات خاک و سطح بدون پوشش گیاهی تشدید می‌شود. در مناطق خشک به‌دلیل رطوبت نسبی پایین، بارندگی کم و توزیع نامناسب، تراکم کم پوشش گیاهی تحت تاثیر تبخیر زیاد، میزان بالای شوری و قلیائیت خاک، در پی آن میزان فرسایش سطحی خاک افزایش می‌یابد، که زمینه ساز پدیده گرد و غبار در این نواحی خواهد بود. در سال‌های اخیر در کشور ایران و به‌ویژه استان خوزستان با توجه به شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک و وجود خاک شور و سدیمی در برخی از مناطق، فرسایش خاک و تولید گرد و غبار افزایش چشم‌گیری داشته است. محققان براساس پژوهشی که در مراتع حاشیه رودخانه نیاتک انجام شده است، گزارش کردند که خصوصیات خاک و فاصله از رودخانه، بیش‌ترین تاثیر را در پراکنش گونه کهورک داشته است، در واقع میزان رطوبت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در پراکنش گونه مقاوم به خشکی مانند کهورک موثر است (یگانه، ۱۳۹۹). هرچه میزان تراکم پوشش گیاهی بیش‌تر باشد، به تبع آن میزان مقاومت در برابر فرسایش خاک افزایش پیدا می‌کند (زنگنه اسدی و همکاران، ۱۴۰۱). از این‌رو برنامه‌ریزی مناسب به‌منظور بهره‌برداری صحیح از قابلیت‌های منابع طبیعی نیازمند پژوهش، اطلاعات جامع و دقیق است. در بررسی تاثیر عوامل خاکی بر پوشش گیاهی مراتع منطقه سمیرم اصفهان مشخص شد که گونه‌های گیاهی موجود در مناطق مورد مطالعه علاوه‌بر شرایط اقلیمی، به میزان زیادی وابسته به شرایط خاک بودند که این امر می‌تواند در برنامه‌های کشت گونه‌ها به روش‌های کپه‌کاری و میان‌کاری مفید باشند (برهانی و جابرالانصار، ۱۳۹۸). خاک‌های مختلف واکنش‌های متفاوتی نسبت به بیابان‌زایی، فرسایش خاک و پوشش گیاهی دارند (Iqbal et al., 2021). همبستگی بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی از مهم‌ترین عوامل موثر در ارتباط با ساختار و عملکرد جوامع گیاهی محسوب می‌شود (برهانی و جابرالانصار، ۱۳۹۸). علاوه‌بر عوامل اقلیمی مانند دما و بارش، ویژگی‌های خاک به‌عنوان اصلی‌ترین عوامل تعیین‌کننده ترکیب جامعه گیاهی محسوب می‌شوند (Marifatul Haq et al., 2022). مدیریت پوشش گیاهی و احیای اکوسیستم‌های مرتعی نسبت به تغییرات عوامل خاکی و اقلیمی بسیار حساس بوده و یکی از عوامل ضروری در ساختار و عملکرد زیست‌بوم‌های خشکی و یکی از حلقه‌های اساسی زنجیره حیات محسوب می‌شود (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۸).

در واقع خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی شناخته می‌شود که نقش مهمی در تشکیل و تنوع زیستگاه‌ها داشته و می‌تواند سبب تغییر در ساختار و تنوع پوشش‌های گیاهی شود (Rodrigues et al., 2018; Tariq et al., 2022). مهم‌ترین عوامل خاکی مؤثر در پراکنش پوشش گیاهی را می‌توان میزان شوری و سدیم بیان کرد (صادقی‌راد و همکاران، ۱۴۰۰). هم‌چنین توزیع گونه‌ها در زیست‌بوم‌ها تحت تاثیر عوامل مختلف نظیر توپوگرافی (ارتفاع، شیب)، بهره‌وری، تعاملات بیولوژیکی و رقابت تکاملی بین گونه‌های مختلف متفاوت است (Saima et al., 2018). کشور ایران بر روی کریدور غرب آسیا واقع شده است که این کریدور دارای جهتی شمال غرب – جنوب شرق است، این کریدور از صحرای سوریه شروع و پس از طی کشور عراق وارد مناطق غرب و به‌خصوص جنوب غرب ایران می‌شود، گرد و غبار ورودی، با این الگو، به الگوی تابستانه پدیده در ایران نامیده می‌شود و به ماه‌های می، ژوئن و ژوئیه محدود بوده است (حقیقی و اخضری، ۱۳۹۴). اگر شدت این طوفان‌ها زیاد نباشد کوه‌های زاگرس همانند سدی در برابر آن‌ها عمل کرده و از ورود گرد و غبار جلوگیری می‌نماید و آن‌ها فقط می‌توانند وارد منطقه خوزستان شوند. متاسفانه امروزه الگوهای دیگری از گرد و غبار در کشور افزایش یافته است، که الگوی

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

زمستانه نامیده می‌شود. مکانیزم رخداد الگوی زمستانه به‌صورت سیکلونی بوده و مناطق بیش‌تری از کشور را در سیطره طوفان‌های قرار می‌دهد. زمان رخداد این الگو بهمن ماه است، به‌طوری‌که گرد و غبار از منطقه هندیجان و ماه‌شهر بلند می‌شود، وارد عراق و کویت می‌شود و پس از طی مسیری چرخشی به نقطه شروع خود برگشته و گرد و غبار حاصل شده را به ماه‌شهر و کل خوزستان می‌ریزد. با توجه به اثبات نقش و اهمیت احیاء پوشش گیاهی، یکی از راه‌های عمده در جلوگیری از فرسایش بادی، احداث بادشکن، توسعه پوشش‌گیاهی و مالچ پاشی است. بادشکن‌ها با کاهش سرعت باد تا حد آستانه فرسایش و مالچ‌ها و خاک پوش‌های مختلف نیز با چسباندن ذرات منفرد باعث می‌شود تا بستر ناپایدار ابتدا تثبیت شده و شرایط لازم برای ایجاد پوشش‌گیاهی را فراهم آورد. آزمون الگوهای مختلف بادشکن با استفاده از ساقه‌های نی، روش‌های مختلف مالچ پاشی با استفاده از مواد نفتی و تعیین اثر آن‌ها روی استقرار پوشش گیاهی و هم‌چنین آزمایش‌های متعدد دیگری در مورد سازگاری گونه‌ها در شرایط تپه‌های ماسه‌ای خوزستان انجام شده و نتایج آن‌ها در سال‌های گذشته انتشار پیدا کرده است. در این پژوهش با استفاده از نتایج تحقیقات گذشته و به‌کارگیری فناوری‌های جدید در قالب طرح الگویی و پیشاهنگ و در سطح ۱۰۰۰ هکتار با استفاده از فناوری‌های نوین مانند استفاده از پلیمرهای شیمیانی و زیستی (به‌عنوان جایگزین مالچ‌های نفتی) و هم‌چنین استفاده از ژئوگریدها و ژنوتکستال‌های طبیعی و مصنوعی (به‌عنوان بادشکن غیر زنده) توام با کاشت گیاهان سازگار و مقاوم به شوری و خشکی به‌صورت آزمایشی اجرا شده است.

مواد و روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بین مختصات ۴۹۰۷ تا ۴۹۵۵ طول شرقی و ۲۰۰۰۰ تا ۳۰۰۳۳ عرض شمالی واقع در جنوب شرقی استان خوزستان و در مجاورت استان بوشهر است. این منطقه از سمت شمال به کوه رگ سفید و رشته کوه‌های زاگرس و از سمت جنوب به خلیج فارس از شرق به بندر بو طاهری و در غرب به شهرستان ماه‌شهر منتهی می‌شود. منطقه مورد بررسی مساحتی در حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع را شامل می‌شود که تماما دشت آبرفتی است. این دشت به همراه دشت زیدون بزرگ‌ترین دشت‌های حوزه رودخانه هندیجان – زهره را به خود اختصاص داده‌اند. شهرهای مهم در این منطقه بندر صنعتی ماه‌شهر و شهر هندیجان است. رودخانه زهره از مرکز شهر هندیجان عبور می‌کند و این شهر را به دو نیمه شرقی و غربی تقسیم می‌نماید. شهرستان هندیجان دارای حدود ۵۰۰۰۰ نفر جمعیت است و بیش‌تر به امر کشاورزی و صیادی اشتغال دارند.

آب و هوای حوضه رودخانه زهره – هندیجان تحت تاثیر ویژگی‌های جغرافیائی و فیزیکی مناطق دلتایی است. عرض جغرافیائی و گسترش محدوده آن تقریبا بین ۳۰ تا ۳۱ درجه را در بر می‌گیرد. این حوزه دارای ارتفاعی بین ۶۴/ تا ۲۰ متر از سطح دریا را شامل می‌شود. مجاورت با دریا در بخش‌هایی از آن و نزدیکی تمام حوزه به خلیج فارس که این امر بر پدیده‌هایی نظیر تغذیه رطوبتی هوا از بخار آب و رژیم بادها در مقیاس محلی موثر است. در بخش شمالی کوه سفید با ارتفاع ۳۴۱۵ متر حوزه را از حوزه‌های مارون و بشار (کارون) جدا می‌کند. در بخش شرقی قله‌های رنج و غوره‌وان به‌ترتیب با ارتفاع ۳۷۱۸ و ۲۸۹۸ متر حدفاصل این حوزه با حوزه‌های رودخانه کر و دریاچه مهارلو است. کم‌ترین ارتفاع حوزه زهره در دشت خوزستان و در ناحیه هندیجان هم‌تراز سطح دریا است. طول رودخانه‌های زهره و هندیجان ۴۹۰ کیلومتر است. بارندگی‌های منطقه عمدتا ناشی از تحولات جوی وابسته به کم فشارهای مدیترانه‌ای مستقیم و غیر مستقیم است که از قطاع غربی یعنی از سمت شمال غرب باختر و جنوب غربی منطقه را تحت تاثیر قرار می‌دهند و اوج فعالیت‌های آن‌ها در ماه‌های آذر تا اسفند است. متوسط بارندگی در منطقه مورد مطالعه ۱۹۵ تا ۲۱۵ میلی‌متر در ایستگاه دهملا است.

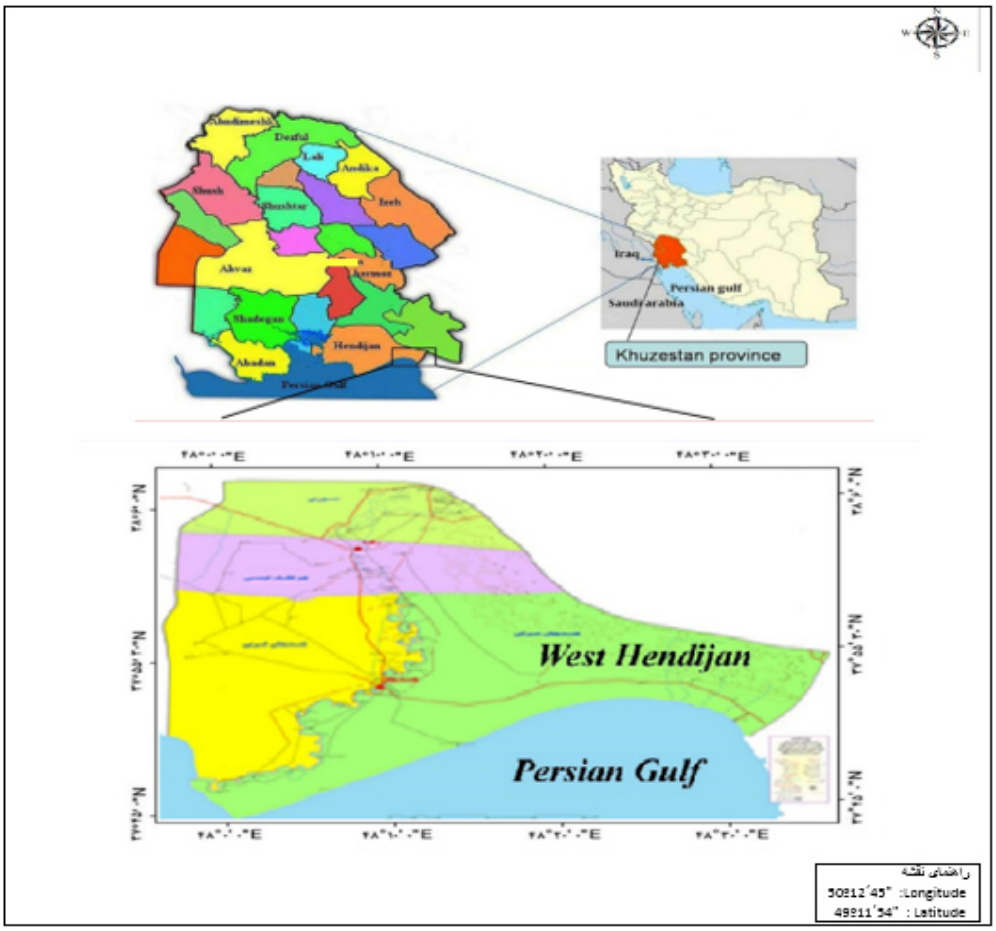
منطقه هندیجان در منتهی الیه جنوب شرق خوزستان و جنوب غرب منطقه زاگرس چین خورده واقع شده است. از لحاظ ساختمانی این دلتا در گودال و فرورفتگی ناودیس جنوبی تاقدیس رگ سفید تشکیل شده است (نقشه زمین شناسی سازمان زمین شناسی). لیکن امتداد و توسعه آن از عوارض ساختمانی پیروی نکرده، بلکه تابع فرایندهای رودخانه‌ای و توزیع رسوبات آبرفتی رودخانه زهره در جهت جنوب غرب بوده است که از سمت شمال و بعد از خارج شدن از کوهستان به سمت جنوب غربی به طول تقریبی ۷۰ کیلومتر امتداد دارد. طبق آخرین زمان سنجی انجام شده به روش ایزوتوپ کربن ۱۴ دلتای هندیجان پس از تغییرات تراز دریا در دوره‌های یخچالی و بین یخچالی هولوسن گسترش یافته است. هم‌چنین بخش عمده‌ای از این دلتا از ۲۴۶۵ سال پیش تا کنون به‌صورت ترکیبی از برجستگی‌های ساحلی سرشار از پوسته صدف نرم تنان در تداخل با رسوبات رودخانه‌ای تشکیل یافته است (سرگزی، ۱۳۹۸).

در منطقه طرح معمولا خاک‌های شور و قلیایی در عمق ۱۰ تا ۴۰ سانتی‌متر دارای لکه‌های قهوه‌ای و رسوب سیاه آهن است. ساختمان فیزیکی قسمت سطحی معمولاً دانه‌ای ریز است. سطح آب زیرزمینی معمولاً حدود ۵ متری است. خاک‌های رسوبی شور شامل خاک‌های رسوبی است که زهکشی آن‌ها ضعیف بوده و دارای مقدار زیاد یا نسبتا زیادی نمک هستند. خاک‌های باتلاقی شور، به‌طورکلی این خاک‌ها در تمام طول سال یا در قسمت زیادی از آن دارای رطوبت زیادی هستند و کم و بیش به‌صورت باتلاق‌های موسمی در دره‌های بزرگ و کوچک و نیز در قسمت‌های وسیعی از دشت کویر وجود دارند، و نیز خاصیت چمنی بودن یا چمنی شدن مهم‌ترین مراحل تکامل و وجود

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

لکه‌های رنگی بارزترین مشخصات آن‌هاست. خاک‌های قهوه‌ای، خاک برون استپی فراوان‌ترین انواع خاک موجود است و به‌علت نامساعد بودن شرایط خاک و وجود مقداری زیاد نمک و گچ، تپه ماهورها عموماً فاقد هر نوع پوشش گیاهی هستند، و به‌علت فقر زیاد پوشش علوفه‌ای برای چرای دام هم مورد استفاده قرار نمی‌گیرند. میانگین بارندگی منطقه انتخابی ۸۰ تا ۱۰۰ میلی متر است. میزان تبخیر تقریباً ۷/۴ متر است. رطوبت هوا در تابستان تقریباً بالای ۹۰ درصد است. اوج دما در تابستان حدود ۵۰ درجه سانتی‌گراد است. اقتصاد مردم این منطقه عمدتاً مبتنی بر کشاورزی و دامپروری است (شکل ۱). طرح آزمایشی در منطقه‌ای نزدیک به شهرستان هندیجان در جنوب استان خوزستان و جنوب شرقی شهر اهواز (۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی) انتخاب شد در ۱۷ کیلومتری شهرستان هندیجان به نام منطقه هندیجان غربی و ۱۰ کیلومتری خلیج فارس قرار دارد. ارتفاع منطقه پژوهش از سطح دریا ۴ تا ۷ متر است آب و هوای منطقه پایلوت گرم و مرطوب است. با توجه به بافت خاک، تبخیر و دمای بالا سیستم بادهای جنوبی و غربی، سیل، گرد و غبار و طوفان شن از رویدادهای فراوان در منطقه هستند (شکل ۱).



شکل ۱- تعیین منطقه مورد مطالعه
Figure 1– Determining the study area

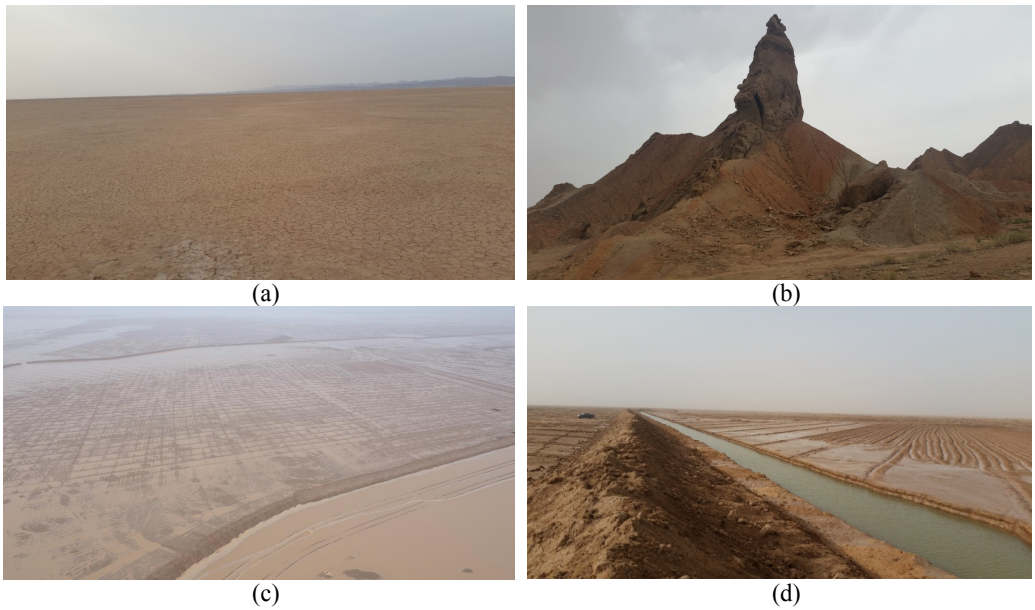
روش تحقیق

ابتدا بازدیدهای میدانی از مناطق بحرانی مولد گرد و غبار استان خوزستان انجام و پایلوت الگویی در منطقه‌ای نزدیک به شهرستان هندیجان در جنوب استان خوزستان (شکل ۱) انتخاب شد. در این تحقیق الگوی توسعه‌ای احیای خاک و اراضی به‌منظور کنترل کانون‌های گرد و غبار در دستورکار قرار گرفت. با استفاده از انواع فناوری‌ها و مدل الگویی احیاء و توسعه جامع اراضی و کنترل کانون‌های گرد و غبار، ابتدا با استفاده از بارش فصلی و سیلاب ناگهانی اقدام به احیای خاک و خاک‌شویی شد، در ادامه اقدامات بیومهندسی و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی و شوری یک ساله و چند ساله طرح صورت گرفت. در بازه زمانی سه ساله با استفاده از نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای چند زمانی، داده‌های پوشش گیاهی در فصل بهار و تابستان با استفاده از شاخص نرمال شده (NDVI) پایش و مطالعه شد (Ugese et al., 2022, Chi et al., 2022).

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

خصوصیات جوامع گیاهی، پایش تغییرات سطح زمین (درصد پوشش تاجی، لاشبرگ، خاک بدون پوشش و سنگ و سنگریزه) ثبت و اندازه‌گیری شد (Ugese et al., 2022, Chi et al., 2022). با نمونه‌برداری پوشش گیاهی (اندام هوایی گیاه) به‌صورت تصادفی و با روش پلات اندازی در ترانسکت‌های خطی و نمونه‌برداری خاک به‌صورت تصادفی تا عمق ۶۰ سانتی‌متری (از دو عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر از سطح خاک) در هر پلات (تعداد ۵۰ پلات به ابعاد ۱×۱ متر) انجام شد. این مراحل در ابتدای عملیات احیاء پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه، از اراضی بایر و سپس در طول مدت سه سال با همان تعداد و عمق نمونه‌برداری (ساله) به‌صورت تصادفی، از رویشگاه‌ها برداشت شد (جعفری و رستم‌پور، ۱۳۹۸).

در آزمایشگاه شیمی دارو کوثر میزان بایومس گیاه اندازه‌گیری شد. هم‌چنین در آزمایشگاه فیزیک- شیمیایی خاک در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران، برخی خصوصیات خاک از جمله میزان شوری خاک، هدایت الکتریکی (EC)، حضور و تعداد موجودات خاک‌زی میکرو و ماکرو در خاک نیز اندازه‌گیری) و مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت اطلاعات پوشش گیاهی منطقه بر اساس مطالعات تلفیقی فیزیونومی- فلورستیک، براون- بلانکه شناسایی شدند (مصداقی، ۱۳۸۶. یگانه، ۱۳۹۹). ارتباط بین میزان پوشش گیاهی و میزان فرسایش خاک در منطقه مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. در شکل ۲ (a,b) منطقه مورد مطالعه را پیش از اجرای عملیات بیومهندسی، بیولوژیکی، مکانیکی و بیومکانیکی با هدف احیاء پوشش گیاهی آن ناحیه قابل مشاهده است. پس از گذشت یک دوره یک‌ساله میزان رطوبت و آب جمع شده در محدوده شیارها و چاله‌های احداث شده در شکل ۲ (c,d) قابل مشاهده است.



شکل ۲- نمای کلی منطقه انتخابی در سال ۱۳۹٦ (a) (b) قبل از اجرای پژوهش و (c) (d) در سال ۱۳۹۷پس از اجرای عملیات بیومهندسی، بیولوژیکی، مکانیکی و بیومکانیکی در راستای احیای خاک، زمین و ارتقاء پوشش گیاهی در بافت خاک رسی شوربا فرسایش شدید بادی رخنمون در منطقه قابل مشاهده است.

Figure 2– An overview of the selected area in 2017 (a) (b) before the research and (c) (d) in 2018 after the implementation of bioengineering, biological, mechanical and biomechanical operations aimed at restoring soil, land and improving vegetation cover in the saline clay soil texture with severe wind erosion exposed in the area is visible.

تجزیه و تحلیل آماری

پس از اندازه‌گیری خصوصیات پوشش گیاهی در نقاط نمونه‌برداری، داده‌های حاصل، میزان مساحت در جامعه گیاهی، درصد تاج پوشش متعلق به جامعه، میزان درصد خاک، سنگ و سنگریزه ثبت و اندازه‌گیری شد (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۳) و سپس با استفاده از روش فیزیونومی- فلورستیک و براون- بلانکه تیپ‌بندی جامعه گیاهی انجام و معرفی شد (R Core Team 2021). نهایتا تاثیر استفاده از آب باران و سیل‌های ناگهانی بر تغییرات پوشش گیاهی در منطقه کانون شماره ۴ گرد و غبار در استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت.

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

مطالعه پایه انجام شده

این پژوهش با هدف کنترل طوفان‌های گرد و غبار، اقدام به عملیات بیومهندسی، احیای اراضی، احیاء پوشش گیاهی در کانون شماره ۴ طوفان‌های گرد و غبار کرده است. در مراحل اولیه پس از بازدیدهای اولیه، مطالعات تخصصی و جمع‌آوری اطلاعات لازم و استفاده از تجربه‌های اجرایی مدل‌های پیشین (بررسی کلی شرایط آب و خاک، بررسی پوشش گیاهی منطقه، بررسی منشا و میکرو ارگانیسم منطقه، آزمون روش‌های مختلف تثبیت خاک، مطالعات هیدرولوژی و هیدروژئولوژی، بررسی کمیت، کیفیت و عملکرد رواناب، سیل و آب‌های سطحی، بررسی روش‌های استفاده از باران، سیلاب ناگهانی و آب زیرزمینی، بررسی گونه‌های گیاهی سازگار با شرایط اقلیمی و آبی منطقه) در دستور کار قرار گرفت.

عملیات اجرایی

پس از بازدیدهای میدانی و بررسی اطلاعات حاصل از مدل‌های به‌کارگرفته شده در گذشته، آزمون فناوری‌های بیومکانیکی و بیومهندسی در احیای خاک، استقرار و رشد گونه‌های مناسب گیاهی به‌منظور کنترل فرسایش بادی و کانون گرد و غبار در چند مرحله انجام و در هر مرحله به چارچوب و محتوای ابعاد مختلف مشکل پرداخته شد. نتایج بررسی تاثیر فناوری‌های بیومکانیکی و بیو مهندسی در استقرار و مراحل رشد گونه‌های مناسب گیاهی مورد بررسی، تحلیل، ارزیابی و مستند سازی قرار گرفته و فناوری‌های مورد نیاز توسعه یافته و در مرحله پایلوت مورد آزمون قرار گرفته است.

۱- طراحی و جانمایی بیومهندسی و استفاده از فناوری‌های نوین مانند انواع جاذب‌الرطوبه، آب گلدان، مالچ بیولوژیک و پلیمری
۲- عملیات مکانیکی

در این مرحله اقدام به ایجاد کانال هدایت و پخش سیلاب، آبشویی، زهکشی، ایجاد کنتور فارو، احداث سامانه پخش، چرخش، نگهداشت آب، شخم، ایجاد پشته خاکی، هلالی، استفاده از آبگلدان، سبک‌سازی خاک و پتینگ شد.

۳- عملیات بیومهندسی احیای خاک با انجام چندین مرحله پخش سیلاب، استفاده از آب باران و تکنیک آبخوانداری همزمان با آبشویی و زهکشی
۴- عملیات بیولوژیکی، عملیات کاشت نهال، کپه‌کاری با توجه به شرایط اقلیمی، بذر پاشی، نشاء، ارتقاء پوشش گیاهی، خصوصیات مناسب و سازگار با منطقه
۵- پایش، تحلیل، ارزیابی و مستندسازی

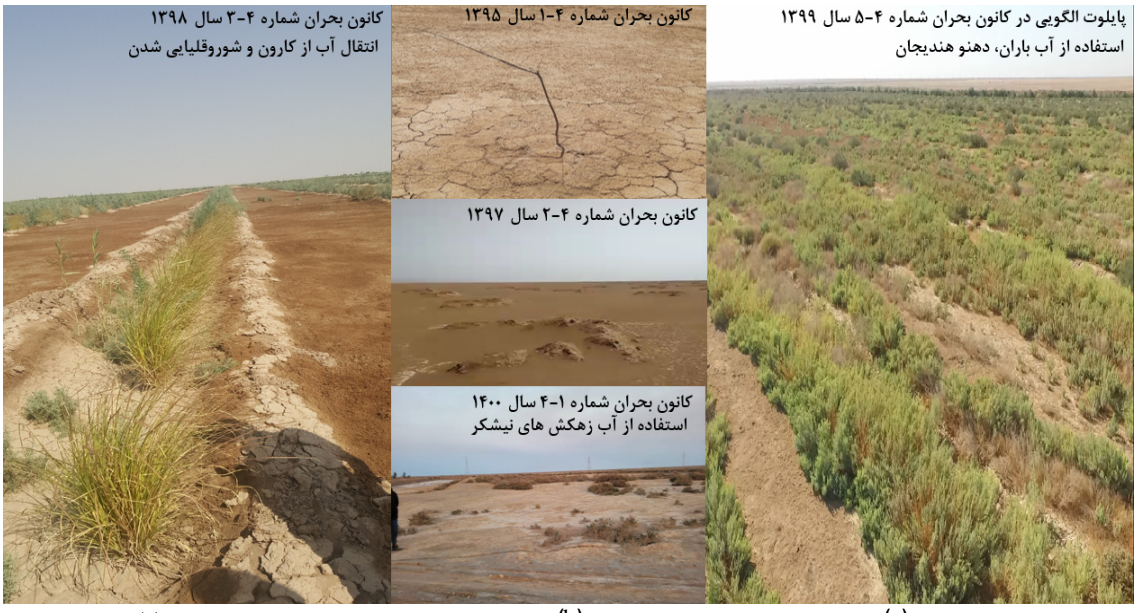
نتایج و بحث

توسعه و پیشرفت از روش‌ها و ابزارهای منفرد، تک تخصصی و کلامی حاصل نمی‌شود، زیرا موضوعات چند وجهی و بهم تنیده شده‌ای در آن دخیل هستند که از یک سو نیازمند شناخت واقع گرایانه شرایط است و از طرف دیگر بدون به‌کارگیری تنوع دانش روز محقق نخواهد شد. از آن‌جایی‌که طبیعت و عالم خلقت دارای هویتی پیچیده و واحد است، بشر به مرور، در طول تاریخ برای شناخت عمیق‌تر موضوعات، ابعاد مختلف هستی را با علم تجربی به‌صورت مجزا از یکدیگر و به‌صورت تخصصی و در آزمایشگاه مورد مطالعه و کنکاش قرار داده و موجب به‌وجود آمدن علوم مختلف شده است. همین امر علیرغم محاسنش باعث شده با اصالت دادن به یک تخصص انتزاعی برای یافتن راه حل و حل مشکل چند وجهی، در برخی موارد رفع بخشی از مشکل شناسایی شده منجر به تشدید مشکلات در سایر وجوه و انضباط‌ها شود. اقدامات نامناسب در مناطق خشک و بیابانی منجر به پسرفت خاک، از بین رفتن تعادل زیست‌بوم‌ها، افزایش دما، افزایش تبخیر و کاهش پوشش گیاهی می‌شود. علت پس‌رفت خاک و کم شدن پوشش گیاهی به عوامل متعدد مرتبط با هم بستگی دارد. سد سازی، انحراف آب در بالادست حوضه، چرای دام خارج از ظرفیت تجدیدپذیری، بوته‌کنی، زراعت نامناسب، آبیاری غلط و دخل و تصرف‌های انسانی نسنجیده باعث بروز مشکلات عدیده‌ای مانند شور و قلیا شدن خاک‌ها و ازبین رفتن پوشش گیاهی می‌شود. ضعف پوشش گیاهی منجر به جذب انرژی بیش‌تر خورشید، افزایش تبخیر و رطوبت خاک و تشدید شرایط زیستی شده، که خود باعث ایجاد چرخه مخرب و بزرگ‌تر و مرگ سایر موجودات خاک‌زی خواهد شد. منطقه مورد پژوهش که امروزه عاری از پوشش گیاهی و جانوری است، درگذشته دارای پوشش گیاهی مناسب و شرایط مطلوب‌تری زیستی بوده است. در این شرایط حتی درصورت حذف عوامل تخریب، برگشت طبیعی اراضی شورشده و استقرار پوشش گیاهی بسیار کند پیش می‌رود. این مسئله به‌دلیل نوسانات زیاد دما، تابش شدید خورشید، وزش باد، محدودیت رطوبتی، افزایش تبخیر و ضعیف بودن خاک ممکن است درحالت عادی چند صد سال زمان نیاز داشته باشد تا بدون دخالت انسان و اقدامات ترمیمی شرایط مناسب به‌وجود بیاید. و لذا اقدامات جهت اصلاح شرایط نامناسب فعلی مستلزم انجام اقدامات احیایی خواهد بود. خاک این محدوده فوق العاده سنگین است و در عمق ۴ متر EC آب ۱۰۵۰۰۰ و خاک کاملا سدیک است. در این طرح صرفا با فناوری آبشویی ابتدا مبادرت به حل شوری خاک شد و یکسری تحقیقات مانند مخلوط کردن خاک با ماسه بادی و یا استفاده از هیدروژل انجام شد، ولی در بیش از ۹۵ درصد از مساحت محدوده طرح تلفیق آبخوانداری و آبشویی منجر به احیای خاک شد و کاشت گیاهان و درختان بومی و سازگار با شرایط فیزیکی منطقه باعث شد تا امر احیای اراضی به نتیجه برسد.

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

در یک پژوهش علمی حوزه اثر پژوهش می‌تواند از نوشتن یک مقاله با کاربرد دریافت امتیاز لازم در ترفیع سالانه و ارتقاء شخصی، یا انجام یک پژوهش منجر به حل مشکلی خاص، تا موفقیت در شکافتن لبه‌های دانش روز، و یا پژوهشی که با ایجاد یک فراقاعده جدید، به‌کارگیری اصول علمی و تجربی و دانش فنی منجر به تغییر هنجارهای رفتاری و تحول جدی در عرصه زندگی شود، متفاوت باشد. در این پژوهش علمی و راهبردی (ترویجی) با انجام تحقیقاتی بین‌رشته‌ای درک فعلی از روش‌های سنتی احیای اراضی با ایجاد پایلوت الگویی و تحول آفرین به چالش کشیده شده و راه‌کاری نوین در این زمینه ارائه شده است. مشکلات به‌وجود آمده در عرصه‌های طبیعی در اثر بارگذاری ناموزون و خارج از ظرفیت خود ترمیمی طبیعت منبعث از فعالیت‌های عمرانی، دخل و تصرف‌های نسنجیده انسان ساز، تغییرات اقلیمی، نوسانات خشکسالی، دمایی و استعداد ذاتی عرصه و اثرات متقابل و ترکیبی آن‌ها بر یکدیگر حادث شده است و لذا ورود تک بعدی برای حل آن و یا اعمال جمع جبری (نتیجه حاصل از توصیه تخصص‌های مجزا) بدون ارتباط ارگانیک و گسسته نمی‌تواند منجر به حل مشکل شود. با راه‌کارهای سنتی و حتی تلفیق شکلی و کنارهم قراردادن راه‌حل‌های تخصصی منفرد (به‌صورت جزیره‌ای و ملکولی کنار یکدیگر) بدون تلفیق هنجاری و ارگانیکی نمی‌توان به راه حل منطقی، موثر و پایدار رسید.

سال ۱۳۹۶، هزار هکتار از اراضی محدوده کانون گرد و غبار شرق هندیجان در اختیار گروه پژوهش قرار گرفت و برای نخستین بار جمع بندی شد که طرح ترکیبی بیومهندسی و آبخوان داری در اراضی شور و دلتایی اجرا شود. پیش از شروع فعالیت طرح الگویی در این منطقه، چندین بار راه‌کارهای سنتی مقابله با ریزگرد و کاشت گونه‌های درختی سازگار انجام شده بود و موفقیتی نداشت. به‌طور مثال در ۴۴۰ هکتار از اراضی ملی مبادرت در یک مرحله به غرس انواع گونه‌های مختلف نهال مبادرت شد، ولی هیچ بازدهی نداشت و همه نهال‌های کاشته شده از بین رفتند (شکل ۳)، و سپس در محله دوم و سوم اقدامات نهال‌کاری در چاله‌های پیتینگ مانند صورت گرفت که در این مرحله نیز توفیقی به‌دست نیامد.



شکل ۳– (a) (b) (c) نمونه‌ای از روش سنتی، پیتینگ و نتایج پایلوت طی چندمرحله مبارزه با ریزگردها

Figure 3– (a) (b) (c) An example of traditional approach, pitting and pilot results during several phases of dust control project

برای انجام این طرح، ابتدا مطالعات اولیه‌ای در خصوص هیدرولوژی، آب‌های زیرزمینی، پوشش گیاهی بومی پیشین و به‌طور مفصل خاکشناسی محدوده انجام شد. نتیجه طرح نشان داد که انجام طرح ترکیبی بیومهندسی و آبخوان‌داری در این عرصه کاربردی‌تر است و با شرایط منطقه هم‌خوانی دارد. در ادامه در بخش‌هایی از محدوده هزار هکتاری طرح، طرح های مختلفی به شکل آزمایشی در مساحت کم‌تر اجرا شد. بدین ترتیب که علاوه‌بر طرح ترکیبی، از طرف معاونت فن‌آوری ریاست جمهوری، کارشناسان و محققینی که طرحی برای مهار ریزگردهای داشتند معرفی می‌شدند. سپس عرصه‌هایی به وسعت ۵ هکتار در اختیار هر طرح پیشنهادی قرار گرفت و کارشناسان و محققان طرح خود را به شکل پایلوت اجرا کردند و نتایج بررسی و نتیجه‌گیری شد که همه طرح های تک انضباطه منجر به شکست خواهد شد. این طرح‌ها عمدتا شامل انواع مالچ‌های زیستی و مکانیکی، کاشت گونه‌های گیاهی مختلف به روش‌های متنوع همراه با آبیاری جهت استقرار بود. در بخشی از این پایلوت‌ها، نخل و جو نیز کشت شد که موفقیت آمیز بود.

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

منبع آب در طرح الگویی استحصال آب باران و استفاده از سیلاب‌های ناگهانی در ترکیب با عملیات آبشویی و اقدامات بیومهندسی بود. جانمایی و طراحی بیومهندسی به گونه‌ای انجام شد که، در زمان وجود بارش، آب از حوضه آبخیز در بالا دست به وسیله چند کانال موازی با فاصله حدود ۵۰۰ و ۱۳۰۰متر به طول ۳ تا ۴ کیلومتر و به عمق چند متر به این محدوده می‌رسد و در کانال اصلی پای خاکریز ذخیره می‌شود. شوری آب (EC) ورودی به کانال حدود ۱۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است و هم‌زمان با پخش آب، عملیات آبشویی و زهکشی و احیای خاک صورت می‌گیرد. طول زمانی که آب در اختیار است بستگی به زمان بارش دارد. اگر در فروردین در منطقه باران ببارد، آب در کانال‌ها تا مرداد هم امکان دارد باقی بماند. اگر آخرین بارش در اسفندماه ببارد، آب آب در کانال‌ها تا خرداد و تیرماه وجود خواهد داشت. میزان EC آب در کانال‌ها تا خرداد و تیر به ۶۰۰۰ تا ۷۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌رسد. این امر به‌دلیل انتقال شوری خاک به آب و تبخیر صورت می‌گیرد. نوع دیگری از روش‌های بیومهندسی به‌کارگیری شده برای حفظ آب مورد نیاز خاک و پوشش گیاهی سیستم هلالی آبگیر است. در این طرح از دو نوع سیستم هلالی آبگیر استفاده شد، هلالی نسبتا بزرگ و هلالی کوچک. آب باران در زمان بارش در این هلالی‌ها ذخیره شده و برای تامین آب مورد نیاز خاکشویی و تامین نیاز پوشش گیاهی کاشته شده در اطراف هلالی استفاده می‌شود. در بخشی دیگری از طرح از نوع دیگری سیستم‌های هلالی استفاده شده که به‌وسیله کانال‌های کوچکی بهم متصل بوده و آب در بین این هلالی‌ها از طریق کانال‌ها جریان پیدا می‌کند. به همین دلیل زمان نگهداشت آب در هلالی‌های بزرگ بیش‌تر شده و تا زمان مناسبی آب را در خود ذخیره می‌کنند (برای تامین نیاز آبی گیاهان اطراف هلالی کافی است). ازآن‌جاکه زیست‌بوم فعلی شکل گرفته در این محدوده، به پایداری رسیده است، از سه سال پیش تاکنون برنامه نگهداری و حفاظت و دخالت در عرصه متوقف شده است. بوم‌سازگان فعلی در این محدوده در حال حاضر توانسته است محلی برای جذب پرندگان و گونه‌های حیات وحش باشد که عرصه را برای زندگی برگزیده‌اند. حیواناتی مانند روباه، جوندگان کوچک، پرندگان مختلف و خزندگان و حشرات دیده می‌شود. چند گله از دام های‌اهالی روستای دهنو نیز در این محدوده چرا می‌کنند و مشکلی برای پوشش گیاهی تا کنون ایجاد نشده است.

عملیات احیایی را که برای تغییر شرایط عرصه تخریب شده و به‌عنوان یک الگو می‌توان ذکر کرد به شرح زیر است (شکل ۴). احیاء و اصلاح سطح خاک شامل کاهش سطح بسترهای بدون پوشش و اراضی تخریب شده با کاشت گیاهان مقاوم به شوری و خشکی و سازگار است. در این پژوهش مقایسه تغییرات پوشش گیاهی، خاک و میزان رطوبت خاک در بازه زمانی سه سال طی فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۶ تا فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۶ انجام شده است. با استفاده از نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای چند زمانی در طی بازه زمانی سه ساله در دو فصل مشخص بهار و تابستان، پوشش گیاهی با استفاده از شاخص نرمال شده (NDVI) ثبت شد. در (شکل ۵) (a, b, c, d) تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه از پوشش گیاهی در فصل بهار سال ۱۳۹۶ ، فصل بهار سال ۱۳۹۷، فصل بهار سال ۱۳۹۸ و فصل بهار سال ۱۳۹۹ ثبت شده است.

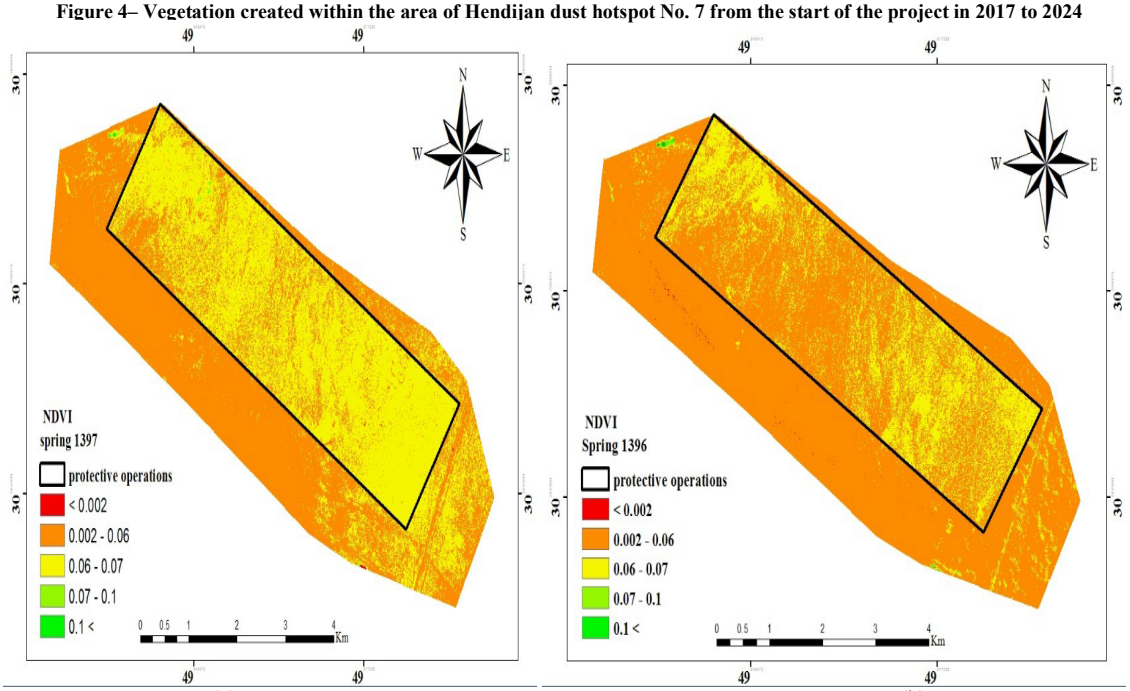
شکل ۵ (e, f, g, h) تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه از پوشش گیاهی در فصل تابستان سال ۱۳۹۶، در فصل تابستان سال ۱۳۹۷، در فصل تابستان سال ۱۳۹۸ و در فصل تابستان ۱۳۹۹ ثبت شده است. میزان پوشش گیاهی قبل و بعد از اجرای احیاء پوشش گیاهی در مناطق منشاء طوفان‌های گرد و غبار به طور قابل ملاحظه‌ای میزان رطوبت خاک، آب زیرزمینی را افزایش داده است. میزان شوری خاک (EC) از مقدار عددی (۹۵۰۰۰) به مقدار عددی (۸۰۰۰) در سال اول کاهش یافت و این روند در بازه زمانی سه سال به‌تدریج کم‌تر از قبل نیز شد، به‌طوری‌که موجودات خاک‌زی میکرو و ماکرو در خاک فعال و تکثیر شدند. بنابراین با بهبود شرایط خاک میزان و تراکم گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی افزایش یافت، و در ارتباط متقابل با کاهش میزان فرسایش خاک، تعداد طوفان‌های گرد و غبار آن منطقه، افزایش گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکی، میزان فرسایش خاک نیز کاهش یافته است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

شکل ٤- پوشش گیاهی ایجاد شده در محدوده کانون شماره ۷ ریزگردهای هندیجان از سال ۱۳۹٦ شروع طرح تا سال ۱٤۰۳

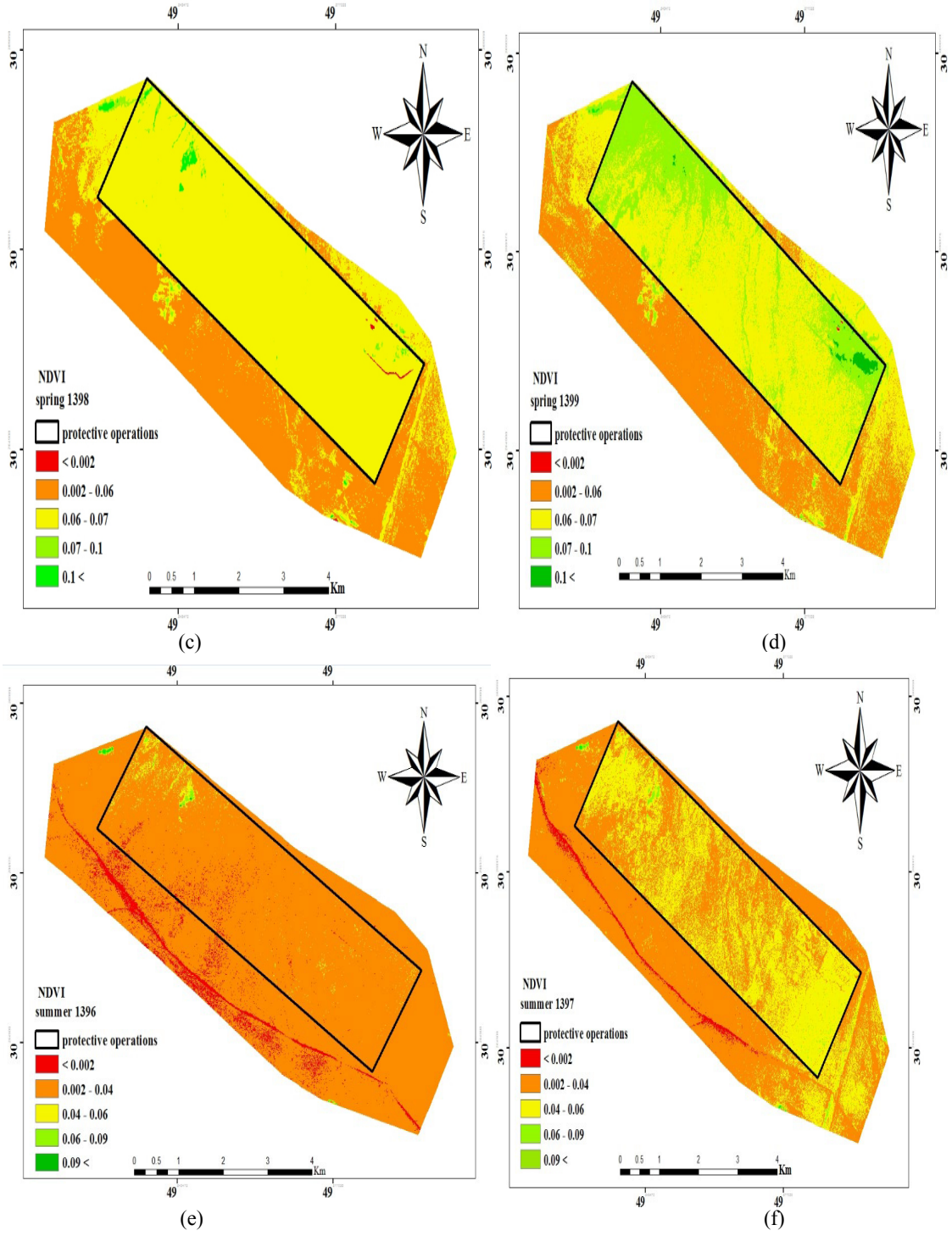
Figure 4– Vegetation created within the area of Hendijan dust hotspot No. 7 from the start of the project in 2017 to 2024



(a) (b)

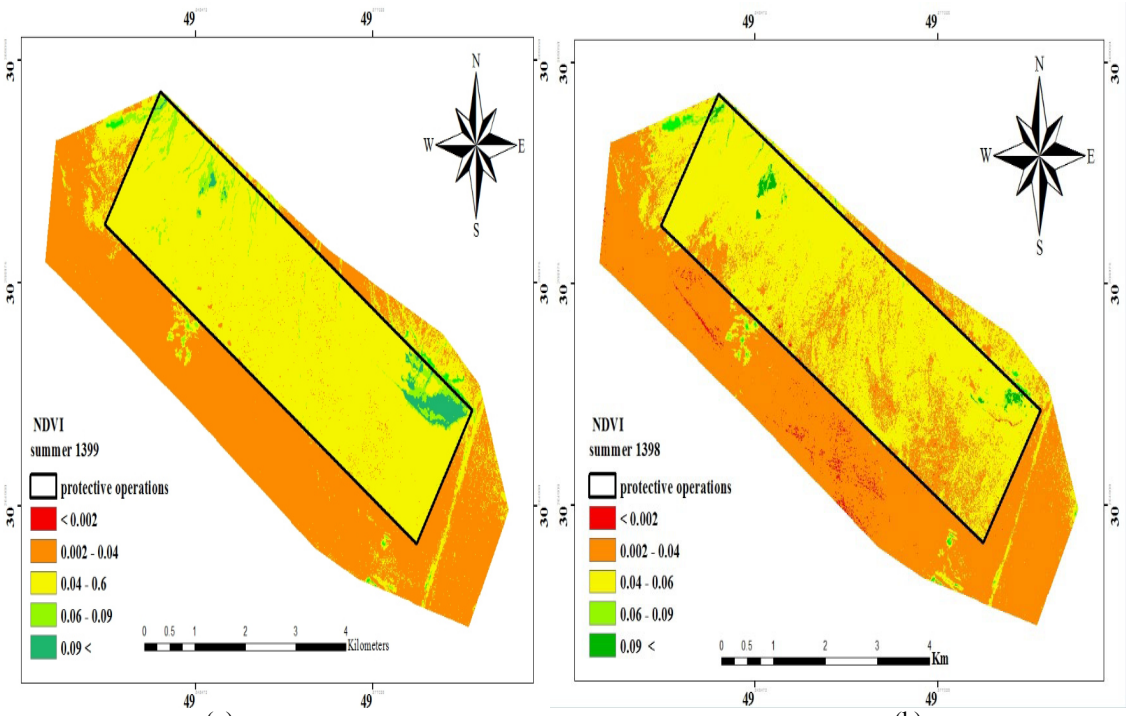
[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]



[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]



(g) (h)

شکل ۵- (a, b, c, d) تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه از پوشش گیاهی در فصل بهار سال ۱۳۹۶ ، فصل بهار سال ۱۳۹۷، فصل بهار سال ۱۳۹۸ و فصل بهار سال ۱۳۹۹ ثبت شده است. (e, f, g, h) تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه از پوشش گیاهی در فصل تابستان سال ۱۳۹۶، در فصل تابستان سال ۱۳۹۷، در فصل تابستان سال ۱۳۹۸ و در فصل تابستان ۱۳۹۹ ثبت شده است. مقایسه‌ای در بازه زمانی سه ساله میزان پوشش گیاهی قبل و بعد از اجرای احیاء پوشش گیاهی در مناطق منشاء طوفان‌های گرد و غبار

Figure 5- (a, b, c, d) Multitemporal satellite images of vegetation recorded in the spring of 2017, the spring of 2018, the spring of 2019, and the spring of 2020. (e, f, g, h) Multitemporal satellite images of vegetation recorded in the summer of 2017, the summer of 2018, the summer of 2020, and the summer of 2021. A three-year comparison of the amount of vegetation cover before and after the implementation of vegetation restoration in the areas of origin of dust storms

جوامع گیاهی

نتایج مطالعات بعد از اجرای عملیات احیاء پوشش گیاهی در منطقه، با تیپ‌بندی اولیه به استفاده از روش فیزیونومی- فلورستیک و براون- بلانکه تیپ‌بندی جامعه در ۱۵ تیپ گیاهی کهور (*Prosopis Juliflora*)، استبرق (*Callotropis procera*)، گزشاهی (*Tamarix Stricta*)، اسکنبیل (*Calligunum comosum*)، آکاسیا (*Acacia Victoria*)، آکاسیا (*Acacia coriacea*)، آکاسیا (*Acacia farneziana*)، آکاسیا (*Acacia salicina*)، اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*)، اکالیپتوس (*Eucalyptus microtheca*)، ارزن پادزهری (*Panicum antidotale*)، پاماس (*penisetum divisum*)، سبد (*Stipagrostis Pennata*)، نسی (*Stipagrostis Plumosa*) و هالوپیروم (*Halopyrum mocronatum*) مورد بررسی منجر به توسعه جامعه گیاهی شد (شکل ۵).

نرخ تخریب خاک به‌سرعت تخریب پوشش گیاهی بستگی دارد و هم‌چنین تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و شرایط آب و هوایی نیز قرار می‌گیرد (Iqbal et al., 2021). جوامع گیاهی با توجه به شرایط زیستگاه، نیازهای اکولوژیکی و دامنه بردباری متفاوتی را در برابر عوامل محیطی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک از خود نشان می‌دهند (میرحسینی و همکاران، ۱۳۹۹).

نتایج حاصل از بررسی میزان مساحت اشغال شده توسط جوامع گیاهی بعد از اجرای پژوهش نشان داد که بیش‌ترین میزان مساحت در جامعه *Prosopis Juliflora* و کم‌ترین میزان در *Halopyrum mocronatum* مشاهده شد (جدول ۱). هم‌چنین بیش‌ترین درصد تاج پوشش متعلق به جامعه *Prosopis stephaniana* (۴۴/۸۳ درصد) حدود ۸۵ هکتار و کم‌ترین درصد تاج پوشش نیز متعلق به تیپ *Halopyrum mocronatum* (۱۷/۶۹ درصد) حدود ۳۶ هکتار بود. نتایج بعد از انجام پژوهش احیاء و توسعه اراضی دلتایی نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه، تراکم و سطح پوشش گیاهی به‌خوبی رشد کرده است و میزان حرکت گرد و غبار در آن ناحیه قریب ۱۰۰ درصد کنترل شده است. هم‌چنین بعد از اجرای عملیات احیاء پوشش گیاهی میزان درصد خاک، سنگ و سنگ‌ریزه به مقدار (۸۷/۱۶ درصد) کاهش یافت. لایه‌ی حفاظتی پوشش گیاهی در منطقه مورد نظر میزان فرسایش خاک و ذرات معلق گرد و غبار در آن حوزه را به‌طور قابل توجهی (۷۹/۳۳ درصد) کاهش داده است (شکل ۴).

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

جدول ۱- خصوصیات جوامع گیاهی منطقه مورد مطالعه (بعد از اجرای عملیات احیاء پوشش گیاهی)
Table 1- The properties of plant communities in the study area (After implementing the plan)

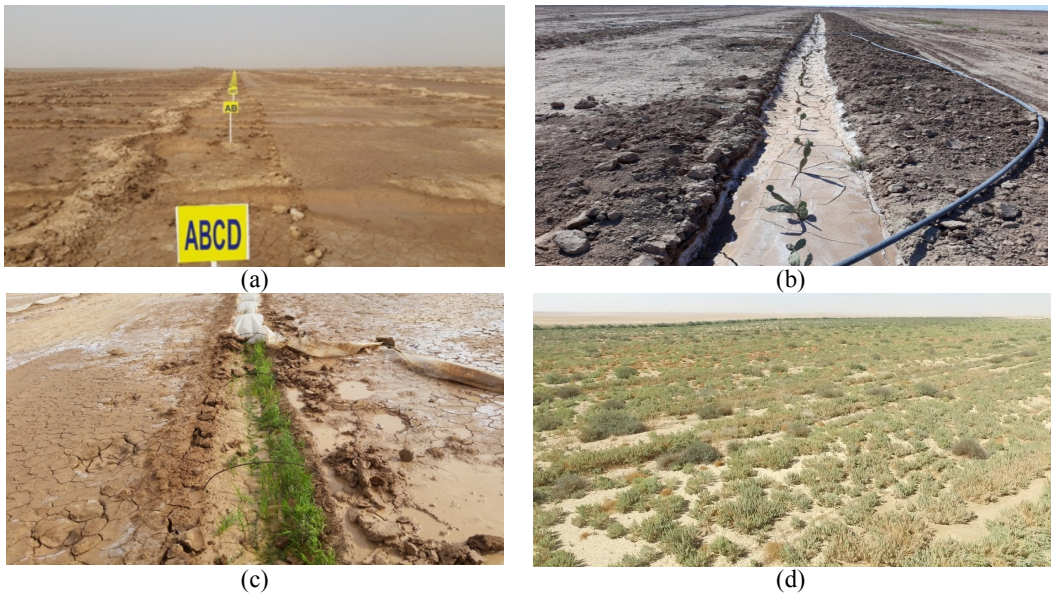
Plant community	Area (ha)	Canopy cover (%)	Litter (%)	Soil (%)	Density (individuals in m^2)
Prosopis Juliflora	843.39	44.83	3.27	23.74	0.015
Callotropis procera	507.17	25.94	7.73	54.76	0.018
Tamarix Stricta	627.03	12.77	3.47	73.75	0.054
Calligunum comosum	273.19	17.69	6.38	75.92	0.014
Acacia Victoria	350.04	44.83	2.22	52.94	0.053
Acacia coriacea	155.48	61.30	19.28	81.02	0.014
Acacia farneziana	204.21	28.17	7.66	48.22	0.038
Acacia salicina	189.01	35.82	8.47	91.03	0.074
Eucalyptus camaldulensis	309.732	21.93	11.43	59.91	0.027
Eucalyptus microtheca	99.56	17.19	12.94	38.54	0.056
Panicum antidotale	338.00	19.04	8.06	74.07	0.085
penisetum divisum	242.39	25.10	15.90	94.22	0.063
Stipagrostis Pennata	89.22	10.83	13.00	83.06	0.081
Stipagrostis Plumosa	175.06	17.92	11.89	89.99	0.014
Halopyrum mocronatum	47.87	17.69	14.32	109.82	0.119

این پژوهش (شکل ۴) با هدف احیاء پوشش گیاهی در منطقه منشاء طوفان‌های گرد و غبار در بخشی از استان خوزستان اقدام به کاشت گیاهان مقاوم به خشکی و شوری در اطراف کانال‌های پخش سیلاب، کنتورفارو و پتینگ شد. مرحله شروع این پژوهش در فصل بهار سال ۱۳۹۶ (شکل ۵)(a,b)در منطقه مورد مطالعه است. پس از گذشت بازه زمانی سه سال تراکم پوشش گیاهی در آن منطقه افزایش پیدا کرده است (شکل ۵)(c,d). داده‌ها و نقشه‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای بیانگر افزایش میزان رطوبت خاک، ذخیره آب زیرزمینی و کاهش فرسایش خاک در این منطقه است. منطبق با سایر پژوهش‌ها، سامانه‌های استفاده آب باران و سیل در افزایش پوشش گیاهی بسیار موثر بوده است (حسن‌پور و همکاران، ۱۴۰۳ ,Zare et al., 2020, Zare et al., 2021).

گیاهان به واسطه اندام‌های هوایی و زیرزمینی نقش حفاظت از خاک را دارند (محمدی‌راد و همکاران، ۱۴۰۳)، خاک و پوشش گیاهی دارای ارتباط متقابل و مستقیم با یکدیگر هستند (Waseem et al., 2022, Imajjane et al., 2020). با توجه به تاثیر عوامل محیطی اقلیم، توپوگرافی و خصوصیات خاک بر میزان هدررفت و فرسایش خاک (Reijth and Anirudhan, 2019, Wang et al., 2022, Whittington, 2022) احیاء پوشش گیاهی مقاوم و سازگار با منطقه مورد نظر، تا حد زیادی می‌تواند سطح خاک را در مقابل انواع فرسایش‌های خاک کاهش دهد و در نهایت میزان ریزگردها و ذرات معلق در هوا به خوبی کاهش پیدا می‌کنند. بهبود ساختار و ساختمان خاک، حضور موجودات ماکرو و میکروارگانیسم خاک موجب افزایش میزان آب جمع شده در اطراف شیارها و چاله‌های خاک شده است، که در این اراضی میزان رطوبت خاک به خوبی ذخیره و نگهداری شده است. با افزایش میزان رطوبت خاک به‌طور مستقیم میزان پوشش گیاهی نیز افزایش پیدا کرده است. بنابراین زمانی‌که سطح خاک با تراکم زیادی از پوشش گیاهی همراه باشد، هنگام بارندگی کاهش فرسایش سطحی خاک و رواناب داشته و در پی آن افزایش نفوذپذیری آب در منطقه مورد نظر به‌وجود آمده است.

با مدیریت و پایش این مناطق که عملیات احیاء پوشش گیاهی انجام شده است، می‌توان در بخش ارزیابی اقتصادی و اجتماعی پروژه بسیار مفید و پرکاربرد باشد. در (شکل ۶) محل احداث سیستم‌های هلالی برای استحصال آب باران گونه‌های گیاهی رشد مناسبی داشته است. در این طرح سیستم‌های هلالی کوچک به تعداد ۲۰۰ هلال اقدام شد، که این نوع هلال کوچک توانسته است میزان رطوبت مورد نیاز یک یا دو گیاه را تامین کند. این درحالی است که ظرفیت ذخیره آب در هلال‌های بزرگ حدود ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ مترمکعب است. در این پژوهش حدود ۷۰ گونه گیاه بومی و مقام به شوری کاشته شد. برخی از گیاهان کاشته شده در محدوده پژوهش عبارتند از: کینوا، کاکتوس قره داغ، سالیسولا، آتریپتیکس، سالیکورنیا، وتیور، گز شاهی، گز شور. حدود ۱۸ تا ۲۰ هزار درخت گز و درختان دیگر است. مزایای کاشت گیاهان متنوع این است که علاوه‌بر گونه‌های متنوع گیاهی در این طرح باعث شکل‌گیری زیست‌بومی پویا شد، مزایای اقتصادی نیز برای اهالی بومی و حاشیه طرح دارد. مانند چرای دام، استفاده از میوه برخی از گیاهان و هم‌چنین استفاده از آب باران ذخیره شده برای مصرف دام و شستسو که توسط اهالی روستای دهنو انجام می‌شود. در ادامه فرآیند می‌توان اظهار کرد که با میزان چرای مناسب دام در این مورد مطالعه به‌طور مناسب میزان ظرفیت تجدیدپذیری، حفظ چرخه ورود بذور، کود و میکروارگانیسم‌ها نیز حفظ می‌شود. هم‌چنین در این پژوهش میزان بیومس خشک تولیدی از مقدار عددی صفر به مقدار عددی ۱۰ تن در هر یک هکتار رسیده است، که بسیار حائز اهمیت است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]



شکل ٦- نمای کلی منطقه انتخابی اجرای عملیات احیاء پوشش گیاهی، (a) (b) تصاویر اراضی در مراحل شروع طرح در فصل بهار سال ۱۳۹٦ قابل مشاهده است. (c) (d) تصاویر اراضی در مراحل پایان طرح در فصل تابستان ۱۳۹۹ قابل مشاهده است.

Figure 6– Overview of the selected area for the implementation of vegetation restoration operations, (b) (a) Images of the lands at the beginning stages of the project can be seen in the spring of 2017. (c) (d) Images of the lands at the end stages of the project can be seen in the summer of 2019.

نتیجه‌گیری

بیابان‌زایی و گسترش پدیده گرد و غبار یکی از چالش‌های محیطزیستی و اقتصادی ایران است که به دلایل مختلفی از جمله تغییرات اقلیمی، بهره‌برداری نادرست از منابع طبیعی، و مدیریت ناهماهنگ تشدید شده است. این پدیده تأثیرات منفی بر سلامت انسان، تولیدات کشاورزی، منابع آبی و زیست‌بوم‌های طبیعی دارد. در این راستا، استفاده از روش‌های پایدار و علمی برای کنترل بیابان‌زایی و احیای اراضی تخریب‌شده ضروری است. پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که استفاده از روش‌های آبخوان‌داری، بیومهندسی و بهره‌برداری خردمندانه از نزولات آسمانی می‌تواند جایگزین مناسبی برای روش‌های پرهزینه و مخرب محیطزیست مانند انتقال آب گسترده یا استفاده از مالچ نفتی باشد. از جمله راه‌کارهای مهم در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ذخیره و بهره‌برداری از نزولات آسمانی، اجرای پروژه‌های آبخوان‌داری برای افزایش نفوذ آب به سفره‌های زیرزمینی، جلوگیری از تبخیر و هدررفت سیلاب‌ها، استفاده از مخازن کوچک و آبگیرهای طبیعی برای مهار رواناب‌ها، استفاده از روش‌های بیومهندسی و پوشش‌های گیاهی بومی و کاشت گیاهان مقاوم به خشکی برای تثبیت خاک، توسعه مراتع پایدار برای تولید علوفه و کاهش فشار دام بر اراضی حساس، بهره‌گیری از فناوری‌های نوین کشاورزی برای افزایش بازدهی و کاهش مصرف منابع، مدیریت جامع منابع آب و خاک، جلوگیری از برداشت‌های بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی، جلوگیری از شوری و قلیایی شدن اراضی با مدیریت صحیح زهکشی، استفاده از روش‌های پایدار برای احیای مناطق دلتایی، حمایت از سرمایه‌گذاری دانش‌بنیان و بخش خصوصی، ایجاد مشوق‌های اقتصادی برای شرکت‌های دانش‌بنیان و سرمایه‌گذاران خطرپذیر، توسعه طرح‌های مشارکتی با حضور جوامع محلی و بخش خصوصی، تدوین قوانین و سیاست‌های حمایتی برای تسهیل روند اجرای پروژه‌ها.

مطالعه موردی طرح الگویی کنترل کانون‌های گرد و غبار در هندیجان نشان داده است که این روش در مدت سه سال به نتایج اولیه مطلوبی دست یافته است. این مدل، با تلفیق روش‌های بیومهندسی، آبخوان‌داری، و بهره‌گیری از ظرفیت‌های طبیعی منطقه، توانسته است منجر به افزایش پوشش گیاهی و کاهش میزان گرد و غبار، بهبود منابع آبی و افزایش بهره‌وری کشاورزی، ایجاد اشتغال پایدار برای جوامع محلی، کاهش وابستگی به مالچ نفتی و روش‌های پرهزینه دیگرشود. این مدل در مقایسه با تجربیات کشورهای پیشرفته مانند چین، کره جنوبی و هلند، عملکرد بهتری در زمینه سازگاری با شرایط محیطی ایران و کاهش هزینه‌ها نشان داده است. طبق آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، تولید علوفه خشک از مراتع استان به‌طور میانگین به ۲۶۲ هزار تن می‌رسد؛ درحالی‌که با توجه به نوسانات بارندگی، علوفه قابل برداشت مجاز برابر با ۲۲۳ هزار تن اعلام شده است. در صورت در نظر گرفتن ۵۵ درصد درصد مواد غذایی قابل هضم برای علوفه مرتع، می‌توان حدود ۱۲۲،۶۵۰ تن TDN از طریق مراتع به‌دست آورد. این مقدار، یک شاخص کلیدی برای تعیین میزان انرژی و ارزش تغذیه‌ای علوفه فراهم می‌کند و در برنامه‌ریزی نیازهای دام، بسیار حائز اهمیت است. طبق محاسبات ارائه‌شده، علوفه تولیدشده در مراتع به‌طور نظری قادر است در ۲۵ هزار هکتار از اراضی بیابانی استان خوزستان بازتولید شود. این رقم نشان‌دهنده پتانسیل بالای بهره‌برداری از اراضی بیابانی است، درحالی‌که این مساحت تنها کم‌تر از ۹ درصد از کل اراضی بیابانی استان محسوب می‌شود. این یافته می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای تدوین سیاست‌های توسعه و بهره‌برداری بهینه از

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

اراضی بیابانی و مراتع مطرح شود. استفاده از اراضی بیابانی برای تولید علوفه می‌تواند به افزایش تولید دام کمک کند و منابع تغذیه‌ای بیش‌تری را در دسترس قرار دهد. با در نظر گرفتن این اطلاعات، برنامه‌ریزی دقیق در حوزه مراتع و استفاده بهینه از اراضی بیابانی، می‌تواند نقش مهمی در توسعه دامداری و بهبود امنیت غذایی داشته باشد. با توجه به یافته‌های این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که مقابله با بیابان‌زایی و گرد و غبار نیازمند یک رویکرد جامع، مشارکتی و پایدار است.

اجرای مدل‌های موفق مانند طرح هندیجان، نشان داده است که استفاده از روش‌های بومی و دانش‌بنیان، بدون نیاز به راهکارهای پرهزینه مانند انتقال آب یا استفاده از مالچ نفتی، می‌تواند منجر به احیای اراضی تخریب‌شده و کنترل گرد و غبار شود. افزایش سرمایه‌گذاری در پروژه‌های دانش‌بنیان و فناوری‌های نوین، ایجاد مشوق‌های اقتصادی برای جذب سرمایه‌گذاران در این حوزه و توسعه پایگاه‌های علمی و پژوهشی برای پایش مستمر و بهبود روش‌های اجرایی از مواردی است که اگر به‌درستی اجرا شوند، علاوه‌بر حل مشکل گرد و غبار، می‌توان از ظرفیت بالقوه مناطق بیابانی برای تولید اقتصادی، کشاورزی پایدار، تولید انرژی‌های تجدیدپذیر و بهبود معیشت جوامع محلی بهره برد.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: این پژوهش به‌عنوان یک مطالعه مستقل و بخشی از نتایج یک پروژه تحقیقاتی است که با حمایت مالی معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری و سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری انجام شده است.

مشارکت نویسندگان: ساحل حقیقی به عنوان نویسنده اصلی مقاله و فرود شریفی در تمام بخش‌های مختلف مقاله بخش جمع‌آوری داده‌ها، تدوین پیش‌نویس مقاله، تحلیل و تفسیر داده‌های مقاله مشارکت داشته و هادی کارگر، رحیم کاظمی، حمید داوودی، منصور چترنور و ضیاءالدین شعاعی در بخشی از جمع‌آوری داده‌ها و بررسی مقاله مشارکت و همکاری داشته‌اند.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: از همکاری موثر آقایان مهندس جاوید آصفی، مهندس پرویز یوسف وند، دکتر فرزین فدایی، دکتر علی کرمی خانیکی، دکتر امیرحسین چرخ آبی و دکتر محمدرضا غریب‌رضا سپاسگزاری می‌شود.

منابع

۱. حسن‌پور، رضا، صادق‌زاده ریحان، محمد ابراهیم، سیف‌زاده، خدیجه و لطف اللهی مرکید، علی. (۱۴۰۲). تاثیر سامانه‌های استحصال آب باران در افزایش پوشش گیاهی، *سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران*. **https://jircsa.ir/article-1-501-fa.html**

۲. حقیقی، ساحل و اخضری، داود. (۱۳۹۴). اثر برخی از فعالیت‌های انسانی در منطقه منشاء ریزگردهای غرب ایران. *همایش ملی پژوهش‌های نوین در مدیریت منابع طبیعی، دانشگاه ملایر.*

۳. حقیقی، ساحل و اخضری، داود. (۱۳۹۴). اثر خشکسالی بر پوشش گیاهی مناطق منشاء طوفان‌های گردوغبار در غرب ایران. *نخستین همایش ملی فضای سبز کم‌آب، دانشگاه کاشان.*

۴. زنگنه اسدی، محمدعلی، ناعمی تبار، مهناز و کرمی، مختار. (۱۴۰۱). پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس اصلاح شده و روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی، مطالعه موردی: دشت باد قوس سبزوار. *مهندسی و مدیریت آبخیز*. ۱۴، (۴) ، ۴۹۴-۵۱۱.

۵. شریفی، فرود، داودی، حمید، چترنور، منصور، آصفی، جاوید و یوسف‌وند، پرویز. (۱۳۹۹). معرفی یک الگوی احیاء و توسعه اراضی دلتایی به‌منظور کنترل کانون‌های گرد و غبار. *چهارمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری.*

۶. عابدینی، موسی، پاسبان، امیرحسام، حسن‌زاده بابلان، نسرین. (۱۴۰۳). بررسی میزان فرسایش خاک و ارتباط آن با شاخص‌های ژئومورفیک و پوشش گیاهی در حوضه آبخیز کوزه توپراقی، استان اردبیل. *جغرافیا و توسعه*. (۷۷). **https://gdij.usb.acir**

۷. محمدی‌راد، زهرا، سمندری بحر آسمان، فائزه، محمدلو، رقیه و پرویش، علی. (۱۴۰۳). *چهارمین کنفرانس بین المللی و هفتمین کنفرانس ملی صیانت ازمنابع طبیعی و محیط زیست به همراه پنجمین همایش‌های جنگل ایران*. **https://civilica.com/doc/1956875**

۸. مصداقی، منصور. (۱۳۸۶). *اکولوژی گیاهی*. انتشارات: جهاد دانشگاهی مشهد، ۱۷۰ص.

۹. میرحسینی، علی، عصری، یونس و ابوالقاسمی، محمد. (۱۳۹۹). بررسی رابطه عوامل اکولوژیک با انتشار جوامع گیاهی منطقه حفاظت شده کالمند بهادران در استان یزد. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۲۷(۲)، ۱۹۲-۲۰۳.

۱۰. یگانه، حسن. (۱۳۹۹). مطالعات پوشش گیاهی نیاتک پایین. انتشارات: موسسه نوآوران علوم مکانی، ۱۲۵ ص.

References

1. Borhani, M., & Jabeolansar, Z. (2019). Effects of environmental factors on vegetation in rangelands of Semirom (Isfahan province) using ordination analysis. Iranian Journal of Range and Desert Research, 26(3), 741-753. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.120026 [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]

2. Chi, W., Wang, Y., Lou, Y., Na, Y., & Luo, Q. (2022). Effect of land use/cover change on soil wind erosion in the Yellow River Basin since the 1990s. Sustainability, 14(19), 1-16.
3. Haq, S. M., Tariq, A., Li, Q., Yaqoob, U., Majeed, M., Hassan, M., & Aslam, M. (2022). Influence of edaphic properties in determining forest community patterns of the Zabarwan Mountain Range in the Kashmir Himalayas. Forests, 13(8), 1214. https://doi.org/10.3390/f13081214.
4. Hassanpour, R., Sadeghzadeh Reyhan, M.E., Seifzadeh, K., Lotfollahi Markid, A. (2023). The effect of rainwater harvesting systems in increasing vegetation cover (Case study: Khajeh research station, East Azerbaijan province). Journal of Rainwater Catchment Systems, 11(3). https://jircsa.ir/article-1-501-fa.html [In Persian]
5. Imajjane, L., Belfoul, M., Elkadiri, R., Stokes, M. (2020). Soil erosion assessment in a semi arid environment: case study from the Argana Corridor, Morocco. Environmental Earth Sciences, Vol 79, 409.
6. Iqbal, M., Khan, S. M., Ahmad, Z., Hussain, M., Shah, S. N., Kamran, S., & Ullah, S. (2021). Vegetation classification of the margalla foothills, Islamabad under the influence of edaphic factors and anthropogenic activities using modern ecological tools. Pakistan Journal of Botany, 53(5), 1831-1843. DOI: http://dx.doi.org/10.30848/PJB2021-5(22).
7. Jaberalansar, Z., Borhani, M., Bahreininejad, B., & Mirdavodi, H. (2021). Habitat study of Krascheninnikovia ceratoides (L.) Guldenst rangeland response pattern to environmental factors in Isfahan province. Iranian Journal of Range and Desert Research, 28(3), 551-563. https://doi.org/10.22092/IJRDR.2021.125015 [In Persian]
8. Jafari, M., & Rostampour, M. (2018). Soil and plant relations. The first volume: ecology, statistics and analysis. Tehran University Press, 464 pages. [In Persian]
9. R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/.
10. Ranjbar, A., Valia, A., Mokarramb, M., & Taripanahc, F. (2020). Analyzing of the spatio-temporal changes of vegetation and its response to environmental factors in north of Fars province, Iran. Iranian Journal of Remote Sensing & GIS, 11(4), 61-82. https://doi.org/10.52547/gisj.11.4.61 [In Persian]
11. Rejith, R.G., & Anirudhan, s. (2019). Delineation of groundwater potential zones in hard rock terrain using integrated remote sensing GIS and MCDM Techniques A case study from Vamanapuram River Basin, Kerala, India. Gis and Geostatistical Techniques for Groundwater science, 349-364.
12. Rodrigues, P. M. S., Schaefer, C. E. G. R., de Oliveira Silva, J., Ferreira Júnior, W. G., dos Santos, R. M., & Neri, A. V. (2018). The influence of soil on vegetation structure and plant diversity in different tropical savannic and forest habitats. Journal of Plant Ecology, 11(2), 226-236. https://doi.org/10.1093/jpe/rtw135.
13. Saima, S., Altaf, A., Faiz, M. H., Shahnaz, F., & Wu, G. (2018). Vegetation patterns and composition of mixed coniferous forests along an altitudinal gradient in the Western Himalayas of Pakistan. Austrian Journal of Forest Science, 135(2), 159-180. https://www.forestscience.at/content/dam/holz/forest-science/2018/heft2/CB1802_Art_4.pdf
14. Sargazi, H., Ownegh, M., & Barani, H. (2019). Investigation and ranking of managerial factors of land Degradation and Desertification in the Sistan plain. Journal of Natural Environmental Hazards, 8(21), 129-146. https://doi.org/10.22111/JNEH.2019.25122.1407 [In Persian]
15. Tariq, A., Siddiqui, S., Sharifi, A., & Shah, S. H. I. A. (2022). Impact of spatio-temporal land surface temperature on cropping pattern and land use and land cover changes using satellite imagery, Hafizabad District, Punjab, Province of Pakistan. Arabian Journal of Geosciences, 15(11), 1045. https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-022-10238-8.
16. Ugese, A., Ajiboye, J., Ibrahim, E., Gajere, E., & Shaba, A. (2022). Soil loss estimation using remote sensing and RUSLE Model in Koromi-Federe catchment area of Jos-East LGA, Plateau State, Nigeria. Geomatics, 2, 499-517. https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-020-09127-8.
17. Wang, S., Wente, G.Z., & Gertner, A. (2020). Improvement in mapping vegetation cover factor for the universal soil loss equation by geostatistical methods with Landsat Thematic Mapper images International Journal of Remote Sensing, 23(18), 3649-3667.
18. Waseem, M., Iqbal, F., Humayun, M., Latif, M., Javed, T., Leta, M (2023). Spatial assessment of soil erosion risk using RUSLE embedded in GIS Environment: A case study of Jhelum River Watershed. Applied Sciences, 13, 1-16.
19. Whittington, D. (2022). Improving the performance of contingent valuation studies in developing countries. Environmental and Resource Economics, 22, 323-367.
20. Yeganeh, H. (2019). Vegetation studies of Lower Niatek. Noavaran Institute of Geospatial Sciences Publications. 125 pages. [In Persian]
21. Zare, A., Hakimzadeh, M. A., & Karimian, A. A. (2021). Evaluation of rainwater harvesting methods and its effect on vegetation and soil characteristics (Case studies: Bolbol pasture of Ashkzar). Natural Ecosystems of Iran, 12(2), 16-27. https://neijournal.nour.iau.ir/article_687599 [In Persian]
22. Zare, M. T., Fayaz, M., Zarekia, S., Baghestani Meybodi, N., & Abolghasemi, M. (2020). Effect of different methods of rainwater harvesting in establishment of Ferula tabasensis in Yazd Province (Case Study: Kalmand Bahadoran Rangelands, Yazd province, Iran). Iranian Journal of Range and Desert Research, 27(1), 24-35. doi: 10.22092/ijrdr.2020.121343. [In Persian]

[Downloaded from jircsa.ir on 2025-08-01]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1404.13.1.7.7]