



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



## ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پدیده گردوغبار و تحرک ماسه‌های روان در استان تهران

سمانه عبدوسی\*، رحمان شریفی<sup>۲</sup>

- ۱- کارشناس ارشد مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران؛  
sama.abdoosi@yahoo.com
- ۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران

### چکیده

پدیده گردوغبار به عنوان یک چالش زیست محیطی عمده، اثرات قابل توجهی بر سلامت عمومی، اکوسیستم‌ها و اقتصاد استان تهران دارد. این پژوهش به منظور تحلیل جامع ارتباط بین نوسانات اقلیمی و طوفان‌های گردوغبار در یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۹-۱۳۹۸) انجام شد. داده‌های اقلیمی چهار ایستگاه سینوپتیک (مهرآباد، ورامین، امام خمینی(ره) و شهریار) پس از بازسازی و همگن‌سازی، با استفاده از شاخص‌های استاندارد شده بارش (SPI)، شاخص استاندارد شده بارش-تبخیر-تعرق (SPEI)، شاخص طوفان گردوغبار (DSI) و شاخص تحرک پذیری ماسه‌های روان (Lancaster) مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد روند افزایشی معناداری در فراوانی و شدت طوفان‌های گردوغبار در دو دهه اخیر وجود دارد. به طور مشخص، مقادیر شاخص DSI در ایستگاه مهرآباد از ۰٫۳ در سال ۱۳۷۰ به ۱٫۸ در سال ۱۳۹۲ افزایش یافته است. همبستگی قوی بین کاهش بارش سالانه (با شیب ۲٫۱- میلی‌متر در سال)، افزایش دمای میانگین (با شیب ۰٫۰۴ درجه سانتیگراد در سال) و افزایش تعداد روزهای گردوغبار (با شیب ۰٫۳ روز در سال) مشاهده شد. تحلیل رگرسیون چندمتغیره نشان داد که ۷۴ درصد از تغییرات شاخص DSI توسط ترکیب پارامترهای دمای حداکثر، رطوبت نسبی و بارش توضیح داده می‌شود. این یافته‌ها تأثیر فزاینده تغییرات اقلیمی بر تشدید طوفان‌های گردوغبار در استان تهران را به وضوح نشان می‌دهد و لزوم اجرای راهکارهای سازگاری و کاهش اثرات را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، گردوغبار، شاخص DSI، شاخص Lancaster.

### مقدمه

گردوغبار به عنوان یکی از پدیده‌های طبیعی مناطق خشک و نیمه‌خشک، در دهه‌های اخیر به یک چالش زیست‌محیطی جدی در بسیاری از مناطق جهان تبدیل شده است (Goudie et al. 2006). این پدیده نه تنها بر کیفیت هوا و سلامت انسان تأثیر می‌گذارد، بلکه اثرات مخربی بر اکوسیستم‌های طبیعی، تولیدات کشاورزی، صنعت و زیرساخت‌ها دارد (Middleton, 2017). استان تهران به عنوان پرجمعیت‌ترین استان ایران، به دلایل مختلف از جمله موقعیت جغرافیایی، شرایط توپوگرافی و تأثیرپذیری از کانون‌های داخلی و خارجی، با چالش جدی طوفان‌های گردوغبار مواجه است (خسروشاهی و همکاران، ۱۳۹۹).



## مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

### Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



مطالعات متعدد نشان داده‌اند که تغییرات اقلیمی از طریق تأثیر بر پارامترهای مختلف هواشناسی مانند دما، بارش، رطوبت و سرعت باد، می‌تواند فراوانی و شدت طوفان‌های گردوغبار را تحت تأثیر قرار دهد (IPCC, 2021). کاهش بارندگی و افزایش دما منجر به کاهش رطوبت خاک و پوشش گیاهی شده و در نتیجه زمینه را برای فرسایش بادی و تشکیل گردوغبار فراهم می‌سازد (Namdari et al, 2018). از این رو، پایش تغییرات اقلیمی و تحلیل ارتباط آن با پدیده گردوغبار از اهمیت ویژه‌ای در مدیریت و کاهش اثرات این پدیده برخوردار است.

در سال‌های اخیر، استفاده از شاخص‌های مختلف برای پایش و تحلیل پدیده گردوغبار رواج یافته است. از جمله این شاخص‌ها می‌توان به شاخص استاندارد شده بارش (SPI) McKee (1993)، شاخص استاندارد شده بارش - تبخیر تعرق (Vicente SPEI) وهمکاران (2010)، شاخص طوفان گردوغبار (DSI) Middleton (1986)، شاخص تحرک پذیری ماسه‌های روان (Lancaster) Lancaster (1995) اشاره کرد. این شاخص‌ها ابزارهای مناسبی برای کمی سازی تغییرات اقلیمی و اثرات آن بر پدیده گردوغبار هستند.

اگرچه مطالعات متعددی در زمینه گردوغبار در ایران انجام شده است (داداشی و همکاران، ۱۳۹۸) و Rashki و همکاران (۲۰۱۲). اما پژوهش جامعی که به تحلیل همزمان تغییرات اقلیمی و پدیده گردوغبار با استفاده از شاخص‌های مختلف در استان تهران پرداخته باشد، وجود ندارد. این پژوهش با هدف پر کردن این خلأ علمی و با اهداف زیر انجام شده است:

۱. تحلیل روند تغییرات پارامترهای اقلیمی مؤثر بر پدیده گردوغبار در استان تهران
۲. بررسی روند تغییرات زمانی پدیده گردوغبار با استفاده از شاخص‌های DSI و Lancaster
۳. تحلیل همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و شاخص‌های گردوغبار
۴. ارائه راهکارهای سازگاری و کاهش اثرات گردوغبار بر اساس یافته‌های پژوهش

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعه

استان تهران با مساحت حدود ۱۸۸۱۴ کیلومتر مربع در شمال ایران قرار دارد. این استان از شمال به رشته کوه البرز، از جنوب به استان قم، از شرق به استان سمنان و از غرب به استان البرز محدود می‌شود. ارتفاع در استان تهران از ۷۰۰ متر در جنوب تا بیش از ۴۰۰۰ متر در شمال متغیر است. شرایط اقلیمی استان نیز از نیمه خشک در جنوب تا سرد کوهستانی در شمال متغیر است (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۹۹).

### داده‌ها

در این پژوهش از داده‌های روزانه چهار ایستگاه سینوپتیک شامل مهرآباد، ورامین، امام خمینی (ره) و شهریار برای دوره ۳۰ ساله تا سال ۱۴۰۳ استفاده شد. پارامترهای مورد مطالعه شامل:

- دمای حداقل، حداکثر و میانگین
- رطوبت نسبی
- بارش
- تبخیر



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



- سرعت و جهت باد

- تعداد روزهای همراه با گردوغبار

داده‌های مذکور از سازمان هواشناسی کشور دریافت و پس از کنترل کیفی و بازسازی داده‌های مفقود شده، مورد تحلیل قرار گرفتند.

روش‌های تحلیل

همگن‌سازی داده‌ها: از آزمونهای آماری Run Test و Standard Normal Homogeneity Test برای بررسی همگنی داده‌ها استفاده شد.

شاخص‌های مورد استفاده:

شاخص استاندارد شده بارش (SPI): برای بررسی خشکسالی هواشناسی

شاخص استاندارد شده بارش-تبخیر تعرق (SPEI): برای بررسی خشکسالی هیدروژئولوژیک

شاخص طوفان گردوغبار (DSI):

$$DSI = ((LDE + MDS \times 2 + SDS \times 3) / N) \times 100$$

که در آن LDE روزهای با گردوغبار محلی، MDS روزهای با گردوغبار متوسط، SDS روزهای با گردوغبار شدید و N تعداد کل روزهای دوره آماری است.

شاخص تحرک پذیری ماسه‌های روان (Lancaster):

$$M = W / (P / PEM)$$

که در آن W انرژی باد، P بارش سالانه و PE تبخیر-تعرق پتانسیل است.

روش‌های آماری: از روش‌های آماری پارامتریک و ناپارامتریک شامل تحلیل روند (آزمون من-کندال و تخمینگر شیب سن)، تحلیل همبستگی و رگرسیون چندمتغیره استفاده شد.

نرم‌افزارهای مورد استفاده: تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS, R, Excel و ArcGIS انجام شد.

نتایج

تحلیل روند پارامترهای اقلیمی

نتایج تحلیل روند پارامترهای اقلیمی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان دهنده تغییرات معنادار در برخی پارامترها است (جدول ۱).



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

### مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

### Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



معناداری	آماره Z	شیب خط روند	پارامتر
۰/۰۰۴	۲/۸۶	۰/۰۴°C سال	دمای میانگین
۰/۰۳۴	-۲/۱۲	-۱/۲ mm سال	بارش سالانه
۰/۰۴۸	-۱/۹۸	-۰/۲۳٪ سال	رطوبت نسبی
۰/۰۱۴	۲/۴۵	۳/۲ mm سال	تبخیر سالانه

### تحلیل روند شاخص‌های گردوغبار

نتایج تحلیل روند شاخص‌های DSI و Lancaster در ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- نتایج تحلیل روند شاخص‌های گردوغبار در ایستگاه‌های مورد مطالعه

معناداری	آماره Z	شیب خط روند	شاخص	ایستگاه
۰/۰۰۶	۲/۷۴	۰/۰۲۳ سال	DSI	مهرآباد
۰/۰۱۲	۲/۵۲	۰/۸۷ سال	Lancaster	مهرآباد
۰/۰۱۸	۲/۳۶	۰/۰۲۸ سال	DSI	ورامین
۰/۰۲۹	۲/۱۸	۰/۷۹ سال	Lancaster	ورامین

### تحلیل همبستگی

نتایج تحلیل همبستگی بین پارامترهای اقلیمی و شاخص‌های گردوغبار نشان داد که قوی‌ترین همبستگی‌ها به ترتیب بین:

دمای حداکثر و شاخص DSI ( $r = 0.72$ )

رطوبت نسبی و شاخص DSI ( $r = -0.68$ )

بارش سالانه و شاخص Lancaster ( $r = -0.64$ )

وجود دارد.

### تحلیل رگرسیون چندمتغیره



مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



نتایج تحلیل رگرسیون چندمتغیره نشان داد که ترکیب پارامترهای دمای حداکثر، رطوبت نسبی و بارش سالانه می‌تواند ۷۴ درصد از تغییرات شاخص DSI را توضیح دهد (جدول ۳).

جدول ۳. نتایج تحلیل رگرسیون چندمتغیره برای پیش‌بینی شاخص DSI

متغیر مستقل	ضریب رگرسیون	خطای استاندارد	مقدار t	معناداری
دمای حداکثر	۰/۴۲	۰/۰۸	۵/۲۵	۰/۰۰۰
رطوبت نسبی	-۰/۳۱	۰/۰۷	-۴/۴۳	۰/۰۰۰
بارش سالانه	-۰/۲۵	۰/۰۶	-۴/۱۷	۰/۰۰۰
ثابت	۱/۸۵	۰/۳۲	۵/۷۸	۰/۰۰۰

بحث

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی تأثیر قابل توجهی بر تشدید پدیده گردوغبار در استان تهران داشته است. افزایش معنادار دمای هوا و کاهش بارش و رطوبت نسبی که در نتایج این پژوهش مشاهده شد، با یافته‌های مطالعات دیگر در ایران و جهان همخوانی دارد (Xu et al., 2020) و (Zoloodi and Didevarasl, 2013). همبستگی قوی بین پارامترهای اقلیمی و شاخص‌های گردوغبار نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی می‌تواند به عنوان یک پیش‌بین قوی برای وقوع طوفان‌های گردوغبار مورد استفاده قرار گیرد. این یافته با نتایج پژوهش‌های مشابه در دیگر مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان هماهنگ است (Shao et al, 2011). افزایش شاخص‌های DSI و Lancaster در دو دهه اخیر نشان‌دهنده تشدید فعالیت طوفان‌های گردوغبار و تحرک ماسه‌های روان در استان تهران است. این امر می‌تواند پیامدهای جدی برای سلامت عمومی، کشاورزی و محیط زیست داشته باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتایج این پژوهش به وضوح نشان می‌دهد که تغییرات اقلیم، به عنوان یک محرک کلیدی، موجب تشدید چشمگیر پدیده‌ی گردوغبار و تحرک ماسه‌های روان در استان تهران شده است. تحلیل‌های آماری بر روی داده‌های سه دهه گذشته، روندهای نگران‌کننده‌ای را آشکار می‌سازد: افزایش دمای هوا، کاهش بارش و رطوبت نسبی که در نهایت به خشکی خاک و تضعیف پوشش گیاهی منجر شده و بستر را برای وقوع طوفان‌های گردوغبار مکرر و شدید فراهم کرده است. این رابطه‌ی علی و معلولی به گونه‌ای است که ترکیب تنها سه پارامتر اقلیمی (دمای حداکثر، رطوبت نسبی و بارش)



## مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

### Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



قادر است ۷۴ درصد از نوسانات شاخص طوفان گردوغبار (DSI) را توضیح دهد. این امر به‌واقع هشدار جدی است که استان تهران را در مسیری بحرانی قرار داده است. در مواجهه با این چالش فزاینده، دیگر نمی‌توان تنها به واکنش‌های مقطعی بسنده کرد. این مطالعه ضرورت گذار از مدیریت سنتی به مدیریت یکپارچه و پیشگیرانه را گوشزد می‌کند. اجرای برنامه‌های جامع برای مدیریت پایدار منابع آب، توسعه‌ی پروژه‌های بیابان‌زدایی با کشت گونه‌های مقاوم، و گنجاندن ملاحظات اقلیمی در تمامی برنامه‌ریزی‌های توسعه‌ای و آمایش سرزمین، نه یک انتخاب، که یک اجبار است. همچنین، از آنجا که پدیده‌ی گردوغبار مرزهای سیاسی را به رسمیت نمی‌شناسد، ایجاد و تقویت همکاری‌های منطقه‌ای برای پایش و کنترل کانون‌های داخلی و فرامرزی گردوغبار، گام دیگری حیاتی برای تضمین امنیت زیستی و سلامت میلیون‌ها ساکن این کلان‌استان است.

### منابع

خسروشاهی، م.، و همکاران (۱۳۹۹). شناسایی کانون‌های گردوغبار در استان تهران. تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۷(۳)، ۵۱۲-۵۲۸  
داداشی رودباری، ع.، و همکاران (۱۳۹۸). تحلیل الگوهای گردشی جو همراه با طوفان‌های گردوغبار در غرب ایران. تحقیقات جغرافیایی، ۳۴(۲)، ۲۳۴-۲۵۰  
سازمان هواشناسی کشور (۱۳۹۹). سالنامه آماری هواشناسی استان تهران

- Goudie, A.S., & Middleton, N.J. (2006). Desert dust in the global system. Springer Science & Business Media.
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Lancaster, N. (1995). Geomorphology of desert dunes. Routledge.
- McKee, T.B., et al. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 17-22.
- Middleton, N.J. (1986). A geography of dust storms in South-West Asia. Journal of Climatology, 6(2), 183-196.
- Middleton, N.J. (2017). Desert dust hazards: A global review. Aeolian Research, 24, 53-63.
- Namdari, S., et al. (2018). Impacts of climate change on dust activity in Iran. Natural Hazards, 90(3), 1243-1262.
- Rashki, A., et al. (2012). Dust storms in Iran: Distribution, sources, frequencies and impacts. Aeolian Research, 3-4, 37-48.
- Shao, Y., et al. (2011). Dust cycle: An emerging core theme in Earth system science. Aeolian Research, 2(4), 181-
- Vicente-Serrano, S.M., et al. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. Journal of Climate, 23(7), 1696-1718.
- Xu, H., et al. (2020). Climate regime shift and decadal anomalous events in China. Climate Change, 158(3-4), 455-471.
- Zoljoodi, M., & Didevarasl, A. (2013). Evaluation of climate change impact on dust events in western Iran. Natural Hazards, 66(2), 348-363.



19<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress  
2-4 December, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران  
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران  
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



Samaneh Abdoosi<sup>\*1</sup>, Rahman Sharifi<sup>2</sup>

- 1- Senior Expert, Tehran Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center;  
sama.abdoosi@yahoo.com
- 2- Faculty Member, Tehran Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center

### Abstract

Dust phenomenon, as a major environmental challenge, has significant impacts on public health, ecosystems, and the economy of Tehran province. This study was conducted to comprehensively analyze the relationship between climate fluctuations and dust storms over a 30-year period (2019-2020). Climatic data from four synoptic stations (Mehrabad, Varamin, Imam Khomeini (RA), and Shahriar) were reconstructed and homogenized, and analyzed using standardized precipitation indices (SPI), standardized precipitation-evapotranspiration index (SPEI), dust storm index (DSI), and quicksand mobility index (Lancaster). The results showed a significant increasing trend in the frequency and intensity of dust storms in the last two decades. Specifically, the DSI values at Mehrabad station increased from 0.3 in 1991 to 1.8 in 2013. A strong correlation was observed between the decrease in annual precipitation (with a slope of -2.1 mm/year), the increase in average temperature (with a slope of 0.04°C/year), and the increase in the number of dust days (with a slope of 0.3 days/year). Multivariate regression analysis showed that 74% of the changes in the DSI index were explained by the combination of maximum temperature, relative humidity, and precipitation parameters. These findings clearly demonstrate the increasing impact of climate change on the intensification of dust storms in Tehran province and highlight the need to implement adaptation and mitigation strategies.

**Keywords:** Climate change, dust, DSI index, Lancaster index.