

Spatiotemporal Investigation of Frequency of Local and Trans-Local Dust Phenomenon A Case Study: Khuzestan Province

Mosayeb Moqbeli Damane  

1. Corresponding Author, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Article Info:

Article type:
Research Article

history:

Received:

2023/7/27

Received:

2023/9/11

Accepted:

2023/10/20

Published:

2024/2/4

Keywords:

Dust zoning, Khuzestan,
Local dust, Spline, Trans-
Local dust.

Abstract: The phenomenon of dust is one of the critical climatic hazards in arid and semi-arid regions, which causes human and financial losses. In recent decades, due to the mismanagement of water resources in Iran, dust has increased in some areas and has affected many cities and villages. One of the regions that is most affected by this phenomenon is Khuzestan province. This study examines the occurrence frequency and zoning of dust. For this purpose, hourly data of dust in 15 synoptic stations of the province for the period of 2000-2016 were received from the Meteorological Organization. The frequency of dust days for each station was extracted in different seasons, and the number of dust days in the province was zoned using the method of polynomial functions of the spline model. The results showed that the frequency of trans-local and local dust in Khuzestan province is 83 and 17 percent, respectively. Also, in the mentioned time frame, Safiabad station in the north of the province experienced the most trans-local dust and Bostan station in the west of the province experienced the most local dust, and the eastern and northeastern regions of the province had the least dusty days. The years 2017-2018 experienced the most trans-local dust and the years 2011-2021 experienced the most local dust. Also, the dry period and the spring season have the highest occurrence of local and trans-local dust.

Cite this article: Moqbeli Damane, M. (2024). Spatiotemporal Investigation of Frequency of Local and Trans-Local Dust Phenomenon A Case Study: Khuzestan Province. *Climat Chenge and Climat Disasters*, 2(4), 43-68.

© The Author(s).

Homepage: cccd.znu.ac.ir

Publisher: University of Zanjan





بررسی فراوانی مکانی و زمانی پدیده گرد و غبار محلی و فرا محلی (مطالعه موردی: استان خوزستان)

مصیب مقبلی دامنه ۱

۱. گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده: پدیده گرد و غبار یکی از مخاطرات اقلیمی مهم در مناطق خشک و نیمه خشک جهان می باشد که زیان‌های جانی و مالی برای انسان به همراه دارد. در دهه‌های اخیر به دلیل سوء مدیریت در منابع آبی کشور ایران، گرد و غبارها در برخی مناطق افزایش یافته و شهرها و روستاهای زیادی را تحت تاثیر قرار داده است. یکی از مناطقی که از این پدیده زیان‌بخش متاثر است استان خوزستان می باشد که این مطالعه به بررسی فراوانی وقوع و پهنه‌بندی گرد و غبارها در این استان می پردازد. بدین منظور داده‌های گرد و غبار در ۱۵ ایستگاه سینوپتیک استان برای دوره ۱۳۹۵-۱۳۷۹ از سازمان هواشناسی دریافت شد. در ادامه فراوانی روزهای گرد و غبار هر ایستگاه در فصول مختلف استخراج گردید و تعداد روزهای گرد و غبار در سطح استان با روش توابع چند جمله‌ای مدل اسپیلاین پهنه‌بندی گردید. نتایج نشان داد فراوانی گرد و غبار فرامحلی و محلی در استان خوزستان به ترتیب ۸۳ و ۱۷ درصد در بازه زمانی مورد مطالعه و در ایستگاه‌های مورد نظر می باشد. همچنین در بازه زمانی مذکور ایستگاه صفی آباد در شمال استان بیشترین گرد و غبار فرامحلی و ایستگاه بستان در غرب استان بیشترین گرد و غبار محلی را تجربه کرده‌اند و مناطق شرقی و شمال شرقی استان کمترین روزهای گرد و غباری را داشته‌اند. سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ بیشترین گرد و غبار فرامحلی و سال آبی ۸۲-۱۳۸۱ بیشترین گرد و غبار محلی را تجربه کرده‌اند. همچنین دوره خشک و فصل بهار بیشترین فراوانی وقوع گرد و غبار فرامحلی و محلی را به خود اختصاص داده‌اند.

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخ‌ها:

دریافت: ۱۴۰۲/۵/۵

بازنگری: ۱۴۰۲/۶/۲۰

پذیرش: ۱۴۰۲/۷/۲۸

انتشار: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵

واژگان کلیدی:

اسپیلاین، پهنه‌بندی گرد و غبار، خوزستان، گرد و غبار فرامحلی، گرد و غبار محلی

استناد: طاهری، منصوره، شادمان، حسن. (۱۴۰۲). تحلیل و بررسی مشخصات توصیفی (آماره‌ای) روزهای گرم فرائیر در سواحل خلیج فارس. دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی، ۲(۴)، ۴۳-۶۸

© نویسنده‌گان .

Homepage: cccd.znu.ac.ir

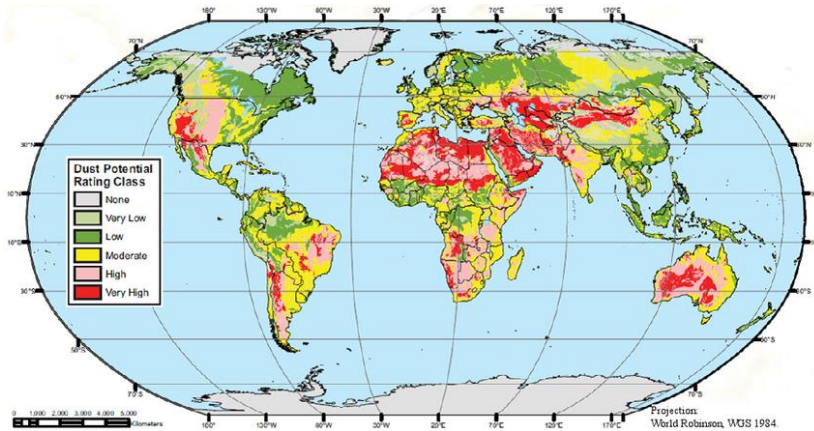
ناشر: دانشگاه زنجان.



مقدمه

گرد و غبار به عنوان یکی از مهم‌ترین پدیده‌های جوی و یکی از بلاهای طبیعی شناخته شده، عبارت است از افزایش سرعت وزش باد نسبت به سرعت آستانه جدایش پذیری خاک (آستانه فرسایش)، به گونه‌ای که مقادیر قابل توجهی ذرات خاک از بستر خود جدا شده و ذرات ریز آن‌ها به صورت گرد و غبار به جو وارد شود (وحیدی، ۱۳۸۹). پدیده گرد و غبار خسارت‌های متنوعی را به صورت درون منطقه‌ای و برون منطقه‌ای به محیط وارد می‌کند (عظیم زاده، ۱۳۸۶)، و باعث وارد شدن خسارت‌هایی در زمینه‌های زیست محیطی و بروز و تشدید بیماری‌های تنفسی، قلبی، ترافیک هوایی و زمینی و تهدید گردشگری، کشاورزی و غیره می‌شود (فلاح قاله‌ری و سروستان، ۱۳۹۹؛ درگاهیان و رضوی زاده، ۱۴۰۰). این پدیده در سال‌های اخیر

یکی از مهمترین چالش‌های زیست محیطی به وجود آمده در منطقه خاورمیانه و ایران، و به یکی از مشکلات اساسی در مناطق خشک و نیمه خشک تبدیل شده است (سبحانی و صفریان زنگیر، ۱۳۹۸). شکل (۱) پتانسیل تمام کشورهای جهان را در بروز پدیده گرد و غبار نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود، صحرای ساحارا در قاره آفریقا، منطقه خاورمیانه و مغولستان در آسیای میانه دارای بیشترین پتانسیل بروز پدیده گرد و غبار در جهان هستند که به کمربند گرد و غبار جهانی شهرت یافته‌اند. کشور ایران به دلیل واقع شدن در منطقه خاورمیانه، نیز به صورت ذاتی بر روی کمربند گرد و غبار جهانی واقع شده است، لذا در معرض وقوع پدیده گرد و غبار هم در مقیاس محلی و هم در مقیاس منطقه‌ای و جهانی قرار دارد. (زرأسوندی، ۱۳۹۶؛ جعفری و همکاران، ۱۳۹۷).



شکل ۱: پتانسیل پدیده گرد و غبار کشورهای جهان (زراسوندی، ۱۳۹۶)

طولانی است و وسعت آن می‌تواند به چند هزار کیلومتر و میزان دید به زیر ۱۰۰ متر هم برسد. لازم به ذکر است در زمان دیده‌بانی این پدیده سرعت باد به حدی نیست که گرد و خاک را از روی زمین بلند کند، به عبارت دیگر گرد و غباری است که به وسیله باد در ایستگاه و یا نزدیکی ایستگاه بلند نشده باشد و منشأ آن فرا منطقه‌ای بوده و از بیابان‌های سایر نواحی هم‌جوار با منطقه مورد مطالعه نشأت گرفته باشد، در مقابل آن کد ۰۷ گرد و غبار و یا شنی است که در ساعت دیده‌بانی در اثر وزش باد در ایستگاه و یا اطراف آن به هوا بلند شده باشد اما در حد طوفان شن و گرد و خاک توسعه پیدا نکرده و شرایط گزارش آنها را ندارد. این پدیده معمولاً محدودیتی در دید قائم ایجاد نمی‌کند.

نوع و اندازه ذرات گرد و غبار نقش مهمی در بروز پدیده آلودگی و آلاینده‌گی هوا دارد. در شرایط ثابت با سرعت مشخص، دانه‌های شن به صورت غلطیدن و سرخوردن در سطح حرکت می‌کنند. در این شرایط دانه‌های سیلت از زمین بلند می‌شوند و در اثر برخورد به دانه‌های دیگر به صورت جهشی حرکت می‌کنند و دانه‌های ریزتر (رس) که سبک‌تر نیز هستند، از زمین بلند می‌شوند و به صورت معلق حرکت می‌کنند (موسوی حرمی، ۱۳۸۹). بنا به تعریف، باقیمانده ذرات گرد و غباری که در اثر طوفان شن و خاک از نقاط دور به ایستگاه آمده و در هوای ایستگاه معلق مانده و باعث کاهش دید قائم نیز شده است، با کد ۰۶ گزارش می‌شود. زمان ماندگاری این پدیده نسبتاً

همچنین در دیده‌بانی این پدیده، محدودیت سرعت باد وجود ندارد اما زمانی که سرعت باد بیشتر از ۷ متر بر ثانیه باشد این کد گزارش می‌شود (اژدری مقدم و رئیس پور، ۱۳۹۰؛ سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۷). مصداق آب و هوایی کدهای ذکر شده در استان خوزستان و به خصوص در دوره گرم سال به وفور دیده می‌شود. بنابراین می‌توان گرد و غبار با کد ۰۶ را تحت عنوان گرد و غبارهای فرامحلی و گرد و غبار با کد ۰۷ را با عنوان گرد و غبار محلی نام برد. مناطق بسیاری در آسیا از گذشته تا کنون همواره در معرض وقوع طوفان‌های گرد و غبار بوده‌اند، به همین دلیل بحث و بررسی پیرامون این موضوع در این مناطق از دیر باز مورد توجه محققین بوده است. از مطالعات جهانی صورت گرفته در این زمینه می‌توان به مطالعه طوفان‌های خاک در آسیای مرکزی و قزاقستان توسط ایندویتو و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد. نتیجه این بررسی مشخص کرد که بیشتر این طوفان‌ها در فصل‌های بهار و تابستان رخ می‌دهد. طی یک مطالعه موردی که بر روی گرد و غبارهای استان خوزستان صورت گرفت

مشخص شد که در دوره مطالعاتی ۱۳۸۸-۱۳۷۵ به لحاظ تعداد روزهای گرد و غبار سال ۱۳۸۷ با ۱۰۳۵ روز بیشترین و سال ۱۳۷۷ با ۱۲۵ روز کمترین تعداد را دارا بوده‌اند. میانگین تعداد روزهای گرد و غبار در استان خوزستان ۴۴ روز است که ایستگاه‌های دزفول، آبادان، اهواز، مسجدسلیمان و بستان دارای بیشترین و ایستگاه‌های ایذه، شوشتر و رامهرمز دارای کمترین تعداد می‌باشند. به طور کلی منابع و منشأ اصلی گرد و غبارهای وارده به استان خوزستان براساس مطالعات هواشناسی و داده‌های ماهواره‌ای عبارتند از: (۱) دریاچه‌های خشک شده و نواحی آبرفتی عاری از پوشش گیاهی جنوب عراق، (۲) بیابان‌های النفود و دهناء در شمال عربستان، (۳) صحرای بادیه‌الشم در جنوب شرق سوریه (زراسوندی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین پژوهش عطایی و احمدی (۱۳۸۹) نشان داد پدیده گرد و غبار در استان خوزستان دو کانون اصلی دارد، منطقه غرب بغداد و موصل تا دریای نمک و هورالعظیم. کارکن سیستم (۱۳۹۱) با استفاده از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی روزهای گرد و غبار

در سطح استان خراسان رضوی را پهنه-بندی نمود. نتایج ایشان نشان داد دو ایستگاه سرخس و گناباد در استان خراسان رضوی بیشترین گرد و غبارها را تجربه کرده‌اند و مناطق شمالی استان کمترین روزهای گرد و غباری را داشته-اند. همچنین بررسی همبستگی دما و گرد و غبار در استان نشان داد که دو ایستگاه گناباد و سرخس بیشترین همبستگی را داشته و با افزایش دما در این دو ایستگاه، گرد و غبار افزایش داشته است. به نظر می‌رسد این مناطق که در نزدیکی کویرها قرار دارند و بارندگی کمی در طول سال دارند، وقوع این رخداد در این مناطق بیشتر می-باشد. در حالی که در شمال استان با توجه به وجود ارتفاعات و ریزش‌های بیشتر، گرد و غبار کمتری اتفاق می-افتد. در پژوهش دیگری یاراحمدی و خوش‌کیش (۱۳۹۲) به منظور تحلیل مکانی پدیده گرد و غبار در نوار غربی کشور ایران در بازه زمانی سال میلادی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹، به بررسی آماری و پهنه‌بندی گرد و غبار (کد ۰۶) و میزان دید افقی مربوط به ۲۳ ایستگاه سینوپتیک غرب کشور پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که میزان گرد

و غبار ورودی در طول دوره دارای یک بیشینه در استان خوزستان می‌باشد و هرچه از جنوب به سمت شمال و از غرب به شرق در منطقه مورد مطالعه پیش می‌رویم از میزان گرد و غبار کاسته می‌شود که بدین شرح می‌باشد: ایستگاه هواشناسی دزفول با ۱۸۶۱ روز بیشترین و ایستگاه هواشناسی خوی با ۴۲ روز کمترین میزان روز گرد و غباری را در طول دوره داشته‌اند. موحدی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در پژوهشی به منظور ارزیابی و پایش مکانی و زمانی رخداد پدیده‌های مرتبط با گرد و غبار در شهرهای ایران از ۸۵ ایستگاه سینوپتیک در بازه زمانی مشترک ۲۰ ساله و از روش‌های تحلیل آماری استفاده نمودند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که پدیده غبار با کد ۰۵ در نواحی ساحلی خلیج فارس دارای بیشترین فراوانی سالانه، پدیده گرد و خاک با کد ۰۶ در غرب کشور دارای بیشترین رخداد، پدیده گرد و خاک بلند شده اطراف ایستگاه با کد ۰۷ در شرق کشور دارای بیشترین فراوانی و پدیده‌های طوفان ماسه یا گرد و خاک سبک، متوسط و شدید با کدهای ۳۰ تا ۳۵

بیشترین فراوانی رخداد را در شرق کشور دارد. همچنین پدیده رعد و برق توام با طوفان گرد و خاک یا طوفان شن با کد ۹۸ در ایستگاه ایرانشهر دارای بیشترین فراوانی رخداد است. کلانتری و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از داده‌های میانگین روزهای همراه با گرد و غبار و قدرت دید برای یک دوره آماری ۲۰ ساله در ۸ ایستگاه استان یزد نقشه-های پهنه‌بندی را تهیه نمودند. نتایج حاصل نشان داد که ایستگاه رباط پشت بادام با میانگین ۹/۴۴ کمترین میزان گرد و غبار و ایستگاه‌های یزد، مهریز و میبد با میانگین‌های ۴۸/۹ بیشترین میزان گرد و غبار را به خود اختصاص داده‌اند. یارمحمدی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با استفاده از تکنیک سامانه اطلاعات جغرافیایی نقشه پهنه‌بندی را برای تعداد روزهای گرد و غباری در بخش‌های غربی کشور برای ۹ ایستگاه سینوپتیک تهیه نمودند. بررسی‌ها نشان داد که توزیع مکانی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی به خصوص استان خوزستان بیشتر از مناطق دیگر است. که در بین فصول سال بیشینه فراوانی وقوع این پدیده مربوط به فصل بهار می‌باشد و کمینه آن در فصل زمستان و

پاییز به چشم می‌خورد. درگاهیان و همکاران (۱۳۹۶) در یک دوره مشترک آماری ۱۵ ساله (۲۰۱۶-۲۰۰۲) داده-های مربوط به کدهای گرد و غبار را برای ۱۲ ایستگاه سینوپتیک استان خوزستان استخراج نمودند. با تفکیک گرد و غبار خارجی و داخلی، نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد که به طور کلی سهم منابع داخلی ۸/۴ درصد و سهم منابع خارجی ۹۱/۶ درصد است. نتایج به روش کریجینگ معمولی در محیط نرم افزار جی آی اس پهنه‌بندی شد و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تغییرات بلند مدت روند رخدادهای داخلی و خارجی در ایستگاه اهواز که در دوره مشترک آماری مجموع بیشترین رخدادها را داشته نشان داد سهم منابع خارجی در سال‌های اخیر به شدت افزایش یافته است.

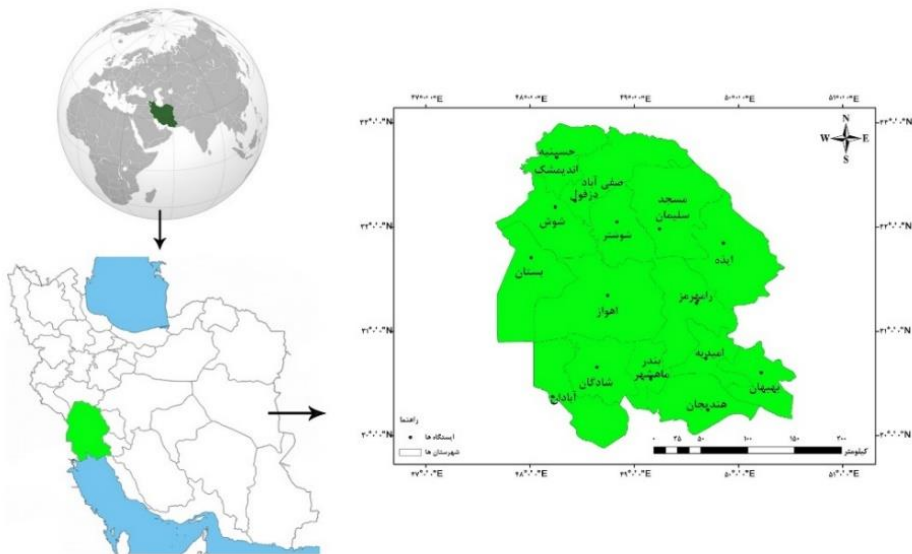
۱. داده‌ها و روش‌ها

۱.۱. منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۰۵۷ کیلومتر مربع، بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی از نصف النهار مبدا و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه و ۳۳ درجه و ۴ دقیقه شمالی

با استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب با خلیج فارس و از غرب با کشور عراق هم مرز است.

از خط استوا، در جنوب غرب ایران واقع شده است (شکل ۲). این استان از شمال غربی با استان ایلام، از شمال با استان لرستان، از شمال شرقی و شرق



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه

حداقل یک بار (طی ۸ بار دیده‌بانی عناصر جوی) گرد و غبار گزارش شود. ساعت‌های دیده‌بانی به وقت گرینویچ شامل چهار سینوپ اصلی یا ساعت‌های اصلی دیده‌بانی (۰۰-۰۶-۱۲-۱۸) و ساعت‌های فرعی دیده‌بانی یا سینوپ فرعی (۰۳-۰۹-۱۵-۲۱) می‌باشند. کدهای هواشناسی مورد استفاده برای تعیین روزهای گرد و غباری در این

۱-۲. داده‌ها

به منظور انجام پژوهش حاضر، داده‌های ساعتی کدهای هواشناسی مربوط به پدیده گرد و غبار ۱۵ ایستگاه سینوپتیک استان خوزستان برای بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۹، از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. روز گرد و غباری در این تحقیق برای هر ایستگاه روزی می‌باشد که طی یک شبانه روز

مشاهده‌ای به دست می‌آید. این روش‌ها ناشی از شیوه محاسبه فاکتور وزنی است که به نقاط مشاهده شده اطراف نقطه موردنظر تخمین زده می‌شود که این روش‌ها به دو دسته کلی تقسیم می‌شوند: الف) روش‌های درون‌یابی فضایی مبتنی بر روابط و توابع قطعی ریاضی^۳ ب) روش‌های درون‌یابی فضایی مبتنی بر زمین‌آمار^۴ (ابلاغیان، ۱۳۹۳)

انواع روش‌های درون‌یابی قطعی به شرح زیر است:

- ۱) وزن‌دهی عکس فاصله^۵ (۲)
- نزدیکترین همسایگی^۶ (۳) توابع چند
- جمله‌ای^۷ (۴) رگرسیون خطی^۸ (۵)
- شبکه‌های عصبی مصنوعی^۹

تحقیق شامل کدهای ۱۰۶ و ۲۰۷ می‌باشد.

نخستین گام در بررسی‌های اقلیمی، اطمینان از صحت داده‌های هواشناسی گزارش شده، می‌باشد. بدین منظور ابتدا طول دوره آماری متفاوت ایستگاه‌ها که عمدتاً مربوط به تاسیس آنها در سال‌های مختلف بود به یک پایه زمانی مشترک تبدیل و سپس اقدام به تکمیل آمارهای ناقص این دوره گردید. برای بازسازی آمار مفقود از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها بازسازی استفاده شد.

۳.۲. روش‌ها

درون‌یابی از دو کلمه Inter به معنای بین و Polier به معنای پیراستن و پالایش کردن تشکیل شده است. درون‌یابی مجموعه‌ای از مدل‌های مختلف ریاضی و آماری برای پیش‌بینی مقادیر مجهول به وسیله مقادیر معلوم می‌باشد. روش‌های مختلفی به منظور برآورد متغیرهایی که تغییرات مکانی دارند، وجود دارد. در روش‌های مختلف مقادیر برآوردی از مجموع حاصل ضرب یک فاکتور وزنی در مقادیر نقاط

6- Natural Neighbor
7- Polynomial functions
8- Linear regression
9- Artificial Neural Networks (ANN)

1- Haze Dust
2- Rising Dust
3- Deterministic methods
4 - Stochastic methods
5- Inverse Distance Weighted (IDW)

که در آن N تعداد نقاط نمونه، λ_i ضریب راه حل معادلات خطی، r_j فاصله از نقاط نمونه $T_{(x,y)}$ و $R(r_j)$ با توجه به نوع گزینه توسط کاربر تعیین می شود. مدل اسپیلاین خود نیز به پنج دسته تقسیم می گردد:

روش توابع چندجمله ای: برای درون-یابی بر اساس مدل اسپیلاین از چند جمله ای ها استفاده می شود. مدل اسپیلاین از جمله معروف ترین و پرکاربردترین این توابع می باشد. در این روش مقادیر مجهول از برازش یک تابع چند جمله ای بر اساس داده های نمونه، برآورد می شوند. ویژگی اساسی اسپیلاین این است که در سطح تغییرات ناگهانی وجود ندارد. در معادلات درجه دوم و سوم این انحناها به حداقل خود رسیده و در نتیجه یک سطح نسبتاً همواری به دست می آید. با توجه به تاثیر درجه بر دقت داده ها در درون یابی، هرچه درجه بالاتری انتخاب شود شکل حاصل هموارتر خواهد بود ولی به میزان قابل توجهی از دقت مدل کاسته می شود. این روش در تهیه منحنی های هم ارزش اقلیمی که سطح معینی از تعمیم در آنها موردنظر می باشد، مفید است. روش درون یابی اسپیلاین با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می شود:

$$Z_{(x,y)} = T_{(x,y)} + \sum_{j=1}^N \lambda_j R(r_j) \quad (1)$$

فرامحلی) و ۰۷ (گرد و غبار محلی)، اقدام به تشکیل سری‌های زمانی مورد نیاز گردید. مجموع روزهای گرد و غبار فرامحلی و محلی به تفکیک ایستگاه و سال، تعیین و درصد فراوانی وقوع این دو پدیده بررسی گردید. استان خوزستان در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵ و در ایستگاه‌های مورد مطالعه، تعداد ۱۳۷۱۱ روز گرد و غبار فرامحلی و ۲۷۳۳ روز گرد و غبار محلی را شاهد بوده است که نشان از فراوانی ۸۳ درصدی گرد و غبار فرامحلی و فراوانی ۱۷ درصدی گرد و غبار محلی دارد. بنابراین ۸۳ درصد گرد و غبارهای فرامحلی (خارج از ایستگاه) خوزستان با منشا داخلی یا خارجی می‌باشد. بنابراین دلیل افزایش چشمگیر این پدیده نسبت به گرد و غبار محلی این است که گرد و غبار فرامحلی شامل گرد و غبارهای محلی سایر ایستگاه‌های داخلی و گرد و غبارهای فرامرزی وارد شده به ایستگاه می‌باشد. آنچه گفته شد در شکل‌های (۳) و (۴) قابل مشاهده می‌باشد.

(۱) اسپیلاین منظم^۱ (۲) اسپیلاین با کشش^۲ (۳) اسپیلاین صفحه نازک^۳ (۴) اسپیلاین چند منظوره^۴ (۵) اسپیلاین چند منظوره معکوس^۵ اسپیلاین با کشش بر مبنای خشن سازی نقشه خروجی است و هر چه میزان وزن بیشتر باشد، درون یابی خشن تر است. به عبارت دیگر هموار سازی صورت نمی‌گیرد. این روش نسبت به سایر روش‌ها دقیق تر است و دارای کمی پیچیدگی و جزییات بیشتر است (نیک-نژاد و همکاران، ۱۳۹۲)، لذا در این پژوهش از روش اسپیلاین با کشش برای پهنه‌بندی گرد و غبار استفاده شده است.

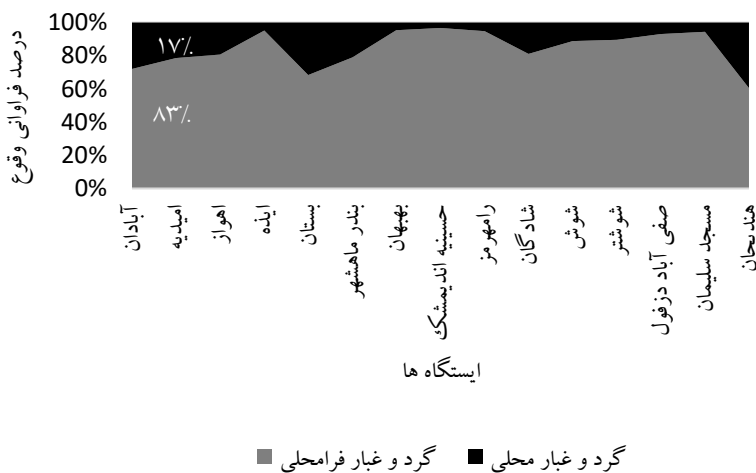
۲. یافته‌ها و نتایج

روزهای گرد و غباری

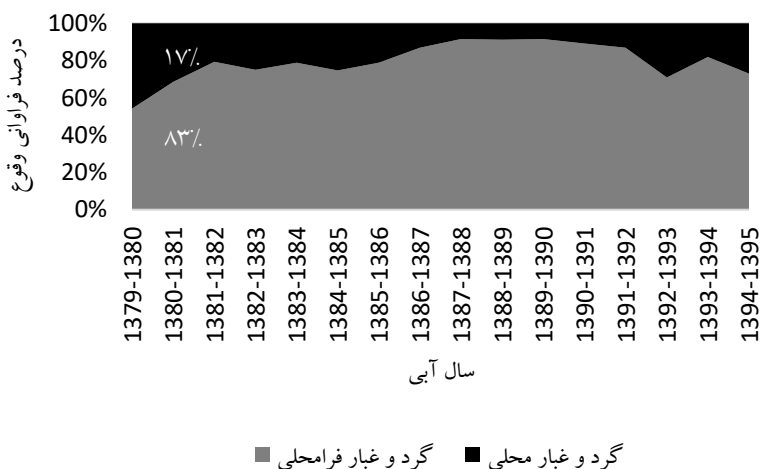
روز گرد و غباری برای هر ایستگاه روزی می‌باشد که طی یک شبانه روز حداقل یک بار گرد و غبار گزارش شود. همانگونه که قبلاً اشاره گردید، پس از اخذ داده‌های مربوط به کدهای هواشناسی و تعیین روزهای گرد و غباری شامل کدهای ۰۶ (گرد و غبار

4- Multiquadric Spline
5- Inverse Multiquadric Spline

1- Regularized Spline
2- Spline with Tension
3- Thin Plate Spline

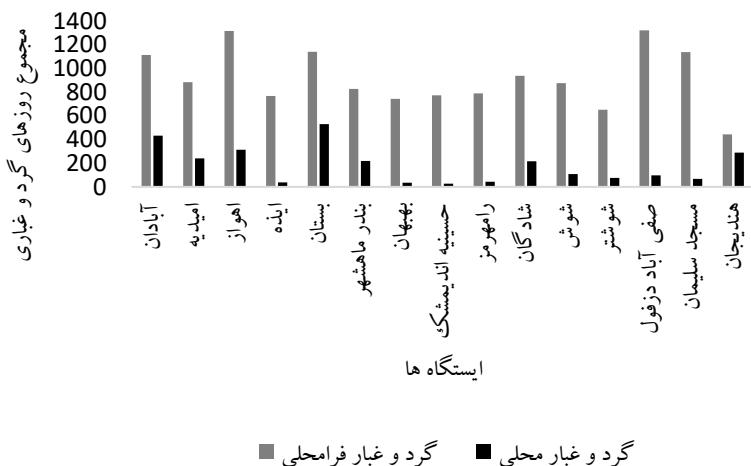


شکل ۳: نمودار درصد فراوانی گرد و غبار فرامحلی و محلی در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵ به تفکیک ایستگاه



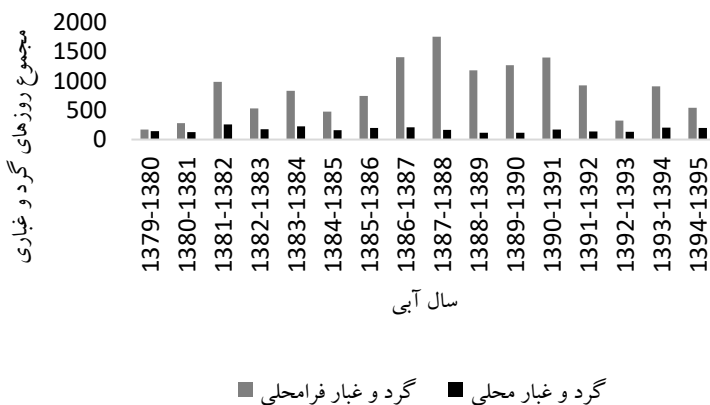
شکل ۴: نمودار درصد فراوانی گرد و غبار فرامحلی و محلی در ایستگاه های مورد مطالعه به تفکیک سال

همانگونه که در شکل (۵) مشاهده می-گردد، ایستگاه صفی آباد دزفول با مجموع ۱۳۲۰ روز بیشترین تعداد گرد و غبار فرامحلی و ایستگاه بستان با مجموع ۵۲۸ روز بیشترین تعداد گرد و غبار محلی را در دوره آماری مورد مطالعه داشته اند.



شکل ۵: نمودار مجموع گرد و غبار فرامحلی و محلی در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۹ به تفکیک ایستگاه

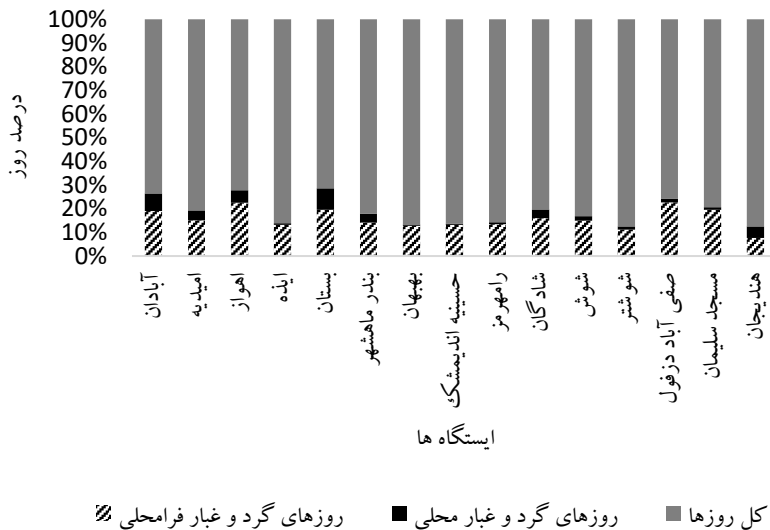
با توجه به شکل (۶)، مشاهده می‌گردد که سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ با مجموع ۱۷۵۲ روز بیشترین تعداد گرد و غبار فرامحلی و سال آبی ۸۲-۱۳۸۱ با ۲۵۶ روز بیشترین تعداد گرد و غبار محلی را در سطح استان به خود اختصاص داده‌اند.



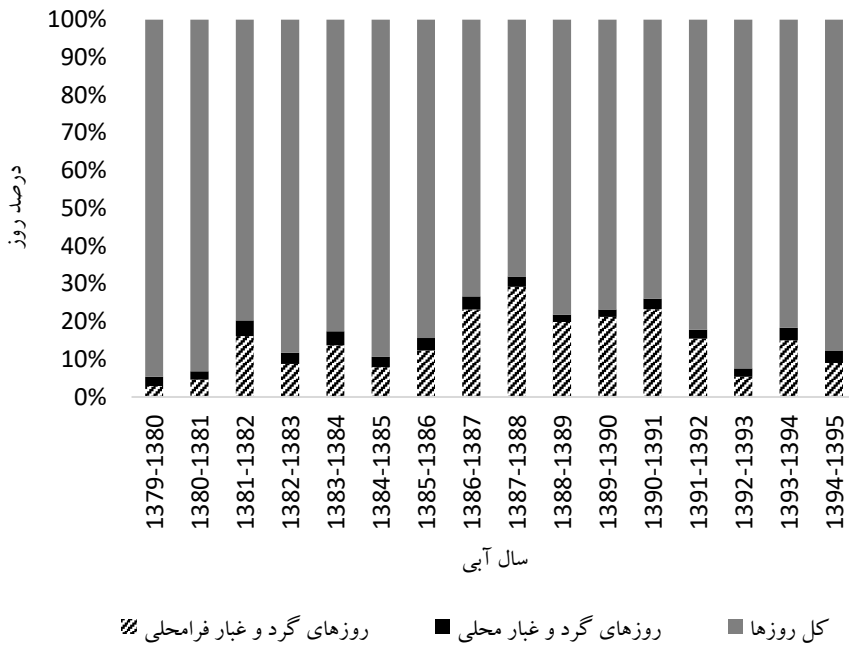
شکل ۶: نمودار مجموع گرد و غبار فرامحلی و محلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک سال

در کل روزهای مورد مطالعه برخوردار هستند. درست است که ایستگاه صفی-آباد بیشترین گرد و غبار فرامحلی داراست اما افزایش گرد و غبار محلی در بستان، این ایستگاه را در شرایط بحرانی تری قرار داده است.

در شکل های (۷) و (۸) می توان درصد گرد و غبار فرامحلی و محلی را نسبت به کل روزهای مورد مطالعه به تفکیک ایستگاه و سال مشاهده نمود. همانطور که قابل مشاهده است، در مجموع ایستگاه بستان و سال آبی ۸۸-۱۳۸۷، از درصد کمتری روز بدون گرد و غبار



شکل ۷: نمودار درصد فراوانی گرد و غبار فرامحلی و محلی نسبت به کل روزها در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۹ به تفکیک ایستگاه



شکل ۸: نمودار درصد فراوانی گرد و غبار فرامحلی و محلی نسبت به کل روزها در ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک سال

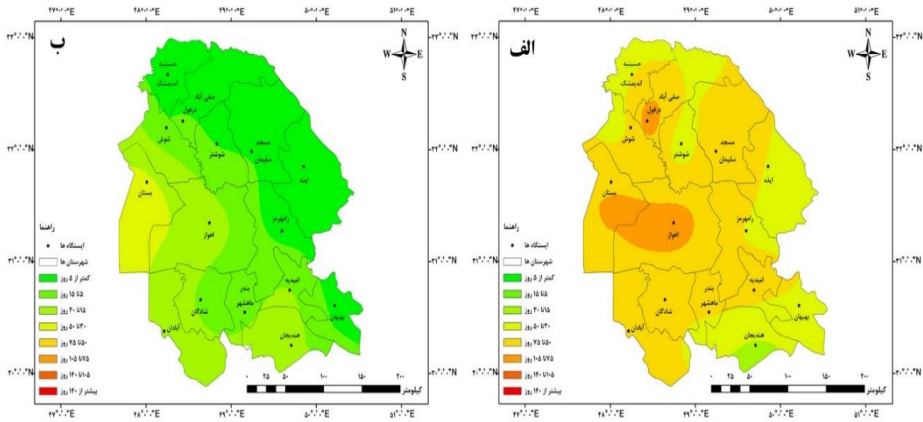
غبار فرامحلی را به خود اختصاص داده‌اند. می‌توان گفت احتمالاً کاهش گرد و غبار فرامحلی از غرب به شرق به دلیل دور شدن از منابع تولید گرد و غبار داخلی و خارجی می‌باشد. همانگونه که در شکل (۱۰) مشاهده می‌گردد از شرق به غرب استان، ارتفاع ایستگاه‌ها از سطح دریا کمتر شده و این مناطق پست و هموارتر می‌گردد. هر چه منطقه پست و هموارتر باشد بیشتر تحت تاثیر باد قرار می‌گیرد. لذا با افزایش سرعت وزش باد و وجود خاک با بافت نرم و سبک،

پهنه‌بندی میانگین سالانه و فصلی گرد و غبار در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵

به منظور مشاهده بهتر تغییرات سالانه و فصلی، سری‌های زمانی میانگین روزهای گرد و غباری در بازه ۱۳۷۹-۱۳۹۵ به روش اسپیلاین درون‌یابی گردید. همانگونه که در شکل (۹) مشاهده می‌شود در مقیاس سالانه گرد و غبارهای فرامحلی و محلی با حرکت از غرب به شرق استان کاهش یافته‌اند. ایستگاه‌های اهواز، قسمت‌هایی از بستان و صفی‌آباد دزفول بیشترین تعداد روز گرد و

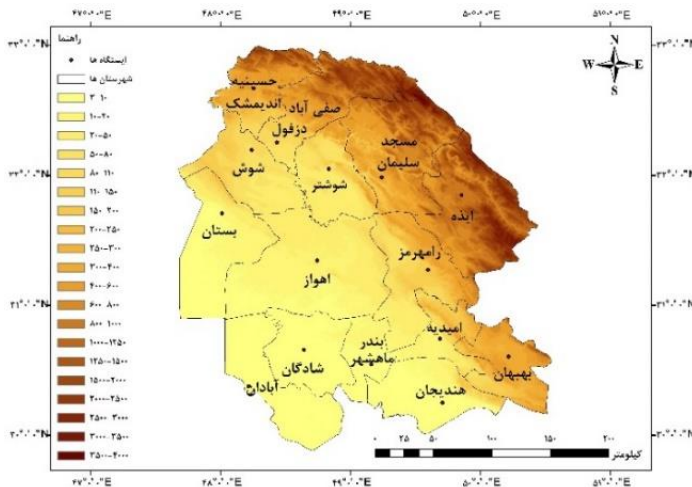
برخوردارند که به دلایل ذکر شده، برمی-گردد. از طرفی این ایستگاه‌ها به دلیل مجاورت با منابع تولید گرد و غبار از جمله تالاب شادگان، هورالعظیم، بیابان‌های شرق اهواز و شمال هندیجان بیشتر در معرض گرد و غبار محلی قرار می‌گیرند.

باعث از بین رفتن رطوبت خاک گشته و شرایط را برای وقوع گرد و غبار محلی مهیا می‌کند. ایستگاه‌های آبادان، امیدیه، اهواز، بستان، بندرماهشهر، شادگان و هندیجان از روزهای گرد و غبار با منشأ محلی بیشتری



شکل ۹: نقشه پهنه‌بندی میانگین سالانه روزهای گرد و غباری ایستگاه‌ها در بازه زمانی ۱۳۹۵-

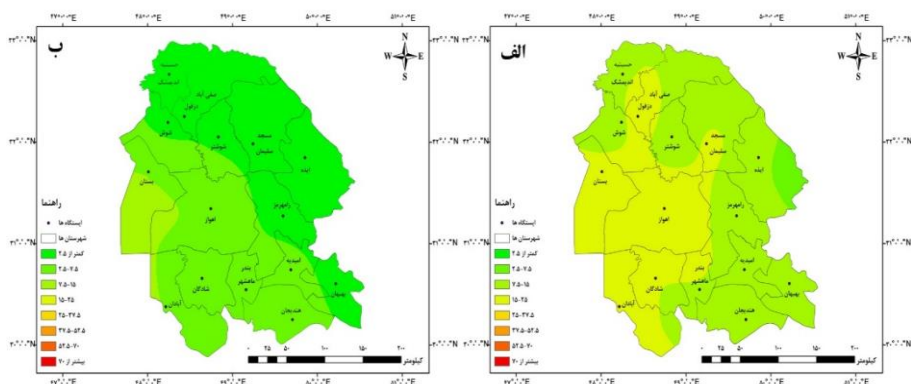
۱۳۷۹: (الف) گرد و غبار فرامحل ی، (ب) گرد و غبار محلی



شکل ۱۰: مدل رقومی ارتفاع استان خوزستان

فرامحلی در فصل تر نیز وضعیت بهتری پیدا می‌کند که می‌توان گفت احتمالا بهتر شدن وضعیت بارش در این فصل سبب کاهش ماندگاری و اثر این پدیده و به عبارتی فرونشاندن آن می‌گردد. آنچه گفته شد در شکل (۱۱) قابل مشاهده می‌باشد.

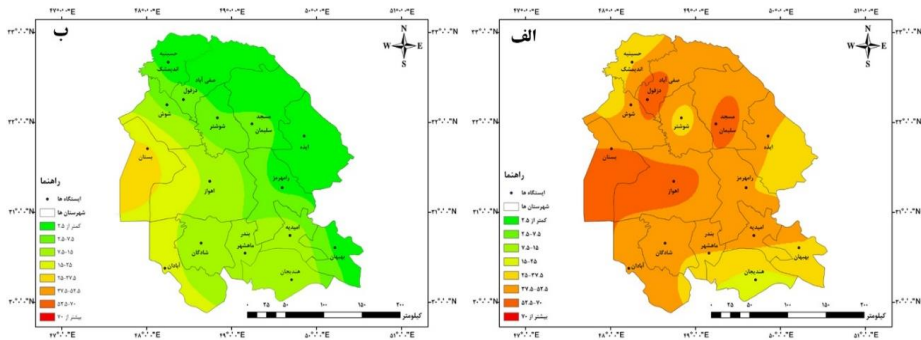
با بررسی نقشه‌های میانگین دوره تر (مجموع فصول پاییز و زمستان) مشاهده می‌شود که به سبب وجود رطوبت کافی خاک در اکثر ایستگاه‌های استان، فرسایش بادی کمتر صورت گرفته و میزان گرد و غبار محلی در کمترین مقدار خود می‌باشد. گرد و غبار



شکل ۱۱: نقشه پهنه‌بندی میانگین دوره تر ایستگاه‌ها در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۹: الف) گرد و غبار فرامحلی، ب) گرد و غبار محلی

خاک سبب افزایش گرد و غبار محلی و همچنین کم شدن میزان ریزش‌های جوی باعث افزایش گرد و غبار فرامحلی شده است.

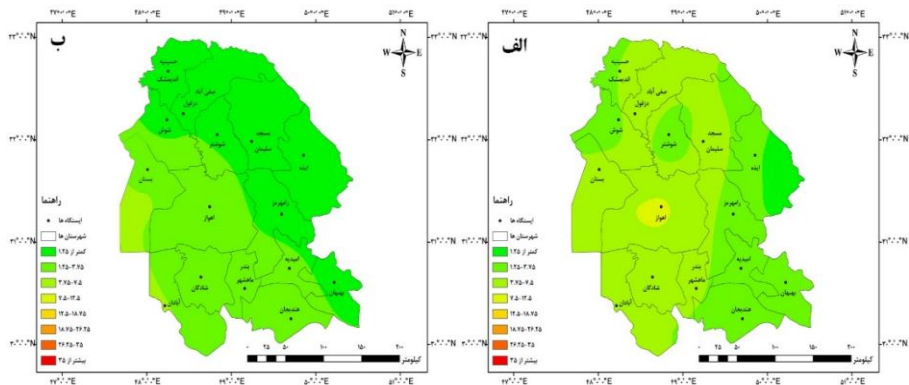
همانگونه که در نقشه‌های میانگین دوره خشک (مجموع فصول بهار و تابستان) در شکل (۱۲) مشاهده می‌شود، کاهش رطوبت



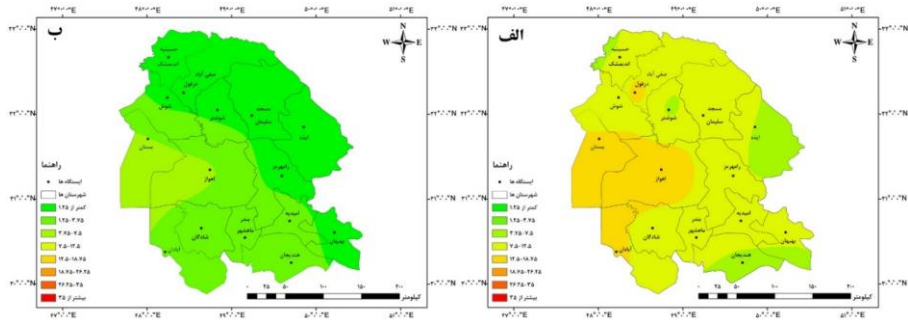
شکل ۱۲: نقشه پهنه‌بندی میانگین دوره خشک ایستگاه‌ها در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۹: الف) گرد و غبار فرامحلی، ب) گرد و غبار محلی

کرده است. همانگونه که انتظار می‌رود، در فصل بهار و تابستان که ریزش‌های جوی در کمترین میزان خود می‌باشند گرد و غبار محلی و فرامحلی نیز به حداکثر خود رسیده است

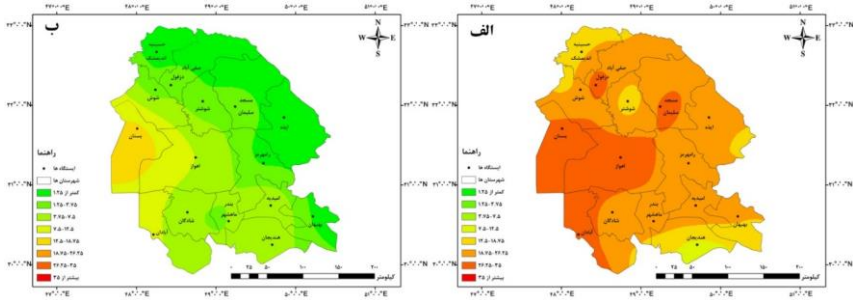
با مقایسه نقشه‌های میانگین گرد و غبار فصلی، مشاهده می‌شود که گرد و غبار فرامحلی و محلی بیشترین مقدار خود را به ترتیب در فصول بهار، تابستان، زمستان و پاییز در سطح استان تجربه



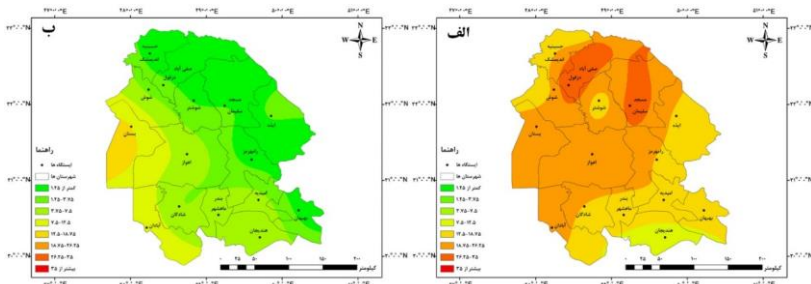
شکل ۱۳: نقشه پهنه‌بندی میانگین فصل پاییز ایستگاه‌ها در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۹: الف) گرد و غبار فرامحلی، ب) گرد و غبار محلی



شکل ۱۴: نقشه پهنه‌بندی میانگین فصل زمستان ایستگاه‌ها در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵: الف) گرد و غبار فرامحلی، ب) گرد و غبار محلی



شکل ۱۵: نقشه پهنه‌بندی میانگین فصل بهار ایستگاه‌ها در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵: الف) گرد و غبار فرامحلی، ب) گرد و غبار محلی



شکل ۱۶: نقشه پهنه‌بندی میانگین فصل زمستان ایستگاه‌ها در بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۹۵: الف) گرد و غبار فرامحلی، ب) گرد و غبار محلی

نتیجه‌گیری

استان خوزستان در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۷۹ در ایستگاه‌های مورد مطالعه تعداد ۱۳۷۱۱ روز گرد و غبار فرامحلی و ۲۷۳۳ روز گرد و غبار محلی را شاهد بوده است که نشان از فراوانی ۸۳ درصدی گرد و غبار فرامحلی و فراوانی ۱۷ درصدی گرد و غبار محلی دارد. ایستگاه صفی‌آباد دزفول با مجموع ۱۳۲۰ روز بیشترین تعداد گرد و غبار فرامحلی و ایستگاه بستان با مجموع ۵۲۸ روز بیشترین تعداد گرد و غبار محلی را در دوره آماری مورد مطالعه داشته‌اند. سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ با مجموع ۱۷۵۲ روز بیشترین تعداد گرد و غبار فرامحلی و سال آبی ۸۲-۱۳۸۱ با ۲۵۶ روز بیشترین تعداد گرد و غبار محلی را در سطح استان به خود اختصاص داده‌اند. ایستگاه بستان و سال آبی ۸۸-۱۳۸۷، از درصد کمتری روز بدون گرد و غبار نسبت به کل روزهای مورد مطالعه برخوردار هستند. با بررسی فراوانی وقوع گرد و غبار فرامحلی و محلی مشخص شد که این دو پدیده در فصل خشک بیشتر از فصل تر، و در فصل بهار بیشتر از سه فصل دیگر، اتفاق می‌افتند. با بررسی نقشه‌های میانگین

گرد و غبار محلی در استان مشخص گردید میزان گرد و غبار فرامحلی و محلی با حرکت از غرب به شرق استان کاهش می‌یابد و در فصول مختلف با افزایش یا کاهش ریزش‌های جوی گرد و غبار محلی و فرامحلی کاهش یا افزایش می‌یابند. با بررسی نقشه‌های میانگین گرد و غبار محلی در استان مشخص گردید که گرد و غبار فرامحلی وابسته به میزان گرد و غبار تولید شده در منابع داخلی و فرامرزی می‌باشد. با بررسی نقشه‌های میانگین گرد و غبار محلی در استان مشخص گردید که گرد و غبار محلی در ایستگاه‌های آبادان، امیدیه، اهواز، بستان، بندر ماهشهر، شادگان و هندیجان بالاترین میزان را به خود اختصاص داده است که به دلیل مجاورت با منابع تولید گرد و غبار از جمله تالاب شادگان، هورالعظیم، بیابان‌های شرق اهواز و شمال هندیجان و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های ذکر شده می‌باشد.

پیشنهادات

برای بررسی و نتیجه‌گیری دقیق‌تر در مطالعات آتی از ایستگاه‌های هواشناسی در کشورهای هم‌جوار استفاده شود تا بتوان تاثیر کانون‌های گرد و غبار

فرامحلی را با دقت بیشتری بررسی نمود. در صورت وجود داده‌های سازمان حفاظت محیط زیست که شامل غلظت پدیده گرد و غبار در زمان وقوع این پدیده است، برای انجام تحقیق از داده‌های هر دو سازمان استفاده شود. پیشنهاد می‌شود همبستگی خشکسالی و باد منطقه با پدیده گرد و غبار نیز بررسی گردد.

ملاحظات اخلاقی

حامی مالی: این پژوهش هیچ کمک مالی از سازمان‌های تأمین مالی دریافت نکرده است.
تعارض منافع: طبق اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.
برگرفته از پایان نامه/رساله: این مقاله برگرفته از پایان نامه/رساله نبوده است.

منابع

- ابلاغیان، آناهیتا (۱۳۹۳). بررسی روند تغییر پارامترهای اقلیمی در ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد هیدرولوژی و منابع آب، دانشگاه: شهید چمران اهواز، دانشکده علوم و مهندسی آب.
- اژدری مقدم، مهدی و رئیس پور، کوهزاد (۱۳۹۰). تحلیل آماری و شناسایی منشأ پدیده گرد و غبار با استفاده از کدهای هواشناسی (مطالعه موردی: استان خوزستان)، یازدهمین کنگره جغرافیدانان ایران، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
- جعفری، مهدی، زهتابیان، غلامرضا، مصباح زاده، طیبیه (۱۳۹۷). واکاوی آماری پدیده گرد و غبار (مطالعه موردی: اصفهان)، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۲۵(۴)، ۸۶۳-۸۷۶.
- درگاهیان، فاطمه، لطفی نسب اصل، سکینه، خسروشاهی، محمد و گوهردوست، آزاده (۱۳۹۶). تعیین سهم منابع داخلی و خارجی گرد و غبار در خوزستان، نشریه طبیعت ایران پاییز، دوره ۲، شماره ۵، صفحات ۴۱-۳۶.
- درگاهیان، فاطمه، رضوی زاده، سمانه (۱۴۰۰). توزیع مکانی فرکانس و شدت پدیده گرد و غبار براساس میدان دید افقی در استان خوزستان، طبیعت ایران، ۶(۳)، ۷۵-۸۱.
- زراسوندی، علیرضا، مر، فرید و نظریپور، احد (۱۳۸۹). بررسی زمین- آماری وقوع گرد و غبار به عنوان یک پدیده زمین زیست محیطی در استان خوزستان، مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره ۲۵، قسمت ب، صفحات ۲۹-۱۳.
- زراسوندی، علیرضا (۱۳۹۶). مصاحبه پیرامون بررسی علل و عوامل شکل گیری کانون های ریزگرد و ظهور این پدیده در خوزستان، خبرگزاری دانشجویان ایران ایسنا، کد خبر ۵-۱۲۱۴-۹۶۲.
- سبحانی، بهروز و صفریان زنگیر، وحید (۱۳۹۸). واکاوی و پیش بینی پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران، مخاطرات محیط طبیعی، ۸(۲۲)، ۱۷۹-۱۹۸.
- عطایی، هوشمند و احمدی، فریبرز (۱۳۸۹). گرد و غبار بعنوان یکی از معضلات زیست محیطی جهان اسلام مطالعه موردی استان خوزستان،

- چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان.
- عظیم زاده، حمیدرضا (۱۳۸۶). بررسی کاربرد مدل های سامانه برآورد فرسایش بادی WEPS و IRIFR2 در اراضی آیش دشت یزد-اردکان، رساله دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده مهندسی آب و خاک، گروه مهندسی علوم خاک.
- فلاح قالمهری، غلامعباس و سروستان، رسول (۱۳۹۹). بررسی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان با استفاده از مدل‌های سری زمانی باکس-جنکینز، مهندسی و مدیریت آب‌خیز، ۱۲(۳)، ۶۰۸-۶۲۰.
- کارکن سیستانی، مرضیه (۱۳۹۱). بررسی آماری و پهنه بندی طوفان‌های گرد و غبار در استان خراسان رضوی، اولین همایش ملی بیابان مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان، دانشگاه تهران. تهران.
- کلانتری، سعیده، تازه، مهدی، تقی‌زاده، روح اله و مومن‌زاده، زهره (۱۳۹۴). پهنه بندی گرد و غبار استان یزد با استفاده از GIS، سومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران.
- سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۷). مجموعه دستورالعمل کدها و روش‌های دیده‌بانی سطح زمین (سینوپ)، صفحات ۴۸-۵۰.
- موحدی، سعید، حاتمی‌بهمن‌بیگلو، خدارحم و نارنگی‌فرد، مهدی (۱۳۹۳). پایش مکانی و زمانی پدیده‌های آب و هوایی مرتبط با گرد و غبار در شهرهای ایران، فصلنامه جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۳، شماره ۱۱، صفحات ۳۷-۴۸.
- موسوی حرمی، رضا (۱۳۸۹). رسوب شناسی، چاپ یازدهم، ص ۴۶۵.
- نیک‌نژاد، مریم، مهدوی، علی و کرمی، امید (۱۳۹۲). مقایسه میزان دقت روش‌های درون‌یابی متداول جهت تهیه نقشه دما، اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست و انجمن حمایت از طبیعت ایران، تهران موسسه آموزش عالی مهر اروند.
- وحیدی، علیرضا (۱۳۸۹). مطالعه و بررسی اثرات خشکسالی و بیابان‌زایی در پدیده فراگیر گرد و غبار در ایران و کشورهای همسایه، دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، دانشگاه یزد.

- using meteorological codes (case study: Khuzestan province), 11th Congress of Geographers of Iran, Shahid Beheshti University, Tehran.
- Azimzadeh, Hamidreza (2006). Investigating the application of wind erosion estimation system models WEPS and IRIFR2 in the fallow lands of Yazd-Ardakan plain, PhD dissertation, University of Tehran, Faculty of Water and Soil Engineering, Department of Soil Science Engineering.
 - Dargahian, Fatemeh, Lotfi-Nasab-Assal, Sakineh, Khosrowshahi, Mohammad and Gohardoust, Azadeh (2016). Determining the share of internal and external sources of dust in Khuzestan, Iranian Nature Journal Autumn, Volume 2, Number 5, Pages 41-36.
 - Dargahian, Fatemeh, & Razavizadeh, Samaneh (2021). Spatial distribution of frequency and intensity of dust phenomenon based on horizontal field of view in Khuzestan province, Iran Nature, 6(3), 75-81.
 - یاراحمدی، داریوش و خوش‌کیش، اسدالله (۱۳۹۲). پهنه‌بندی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۹، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۳، شماره ۳۱، صفحات ۲۲۵-۲۱۱.
 - یارمحمدی، کلثوم، پورنصرت، صغری و سالاری خالص، مژگان (۱۳۹۴). کاربرد GIS در پهنه‌بندی گرد و غبار در بخش‌های غربی ایران، کنفرانس ملی ایده‌های نوین در کشاورزی، محیط زیست و گردشگری.
 - Indoitu, R., Orlovsky, L., & Orlovsky, N. (2012). Dust storms in Central Asia: Spatial and temporal variations. *Journal of Arid Environments*, 85, 62-70.
 - Atayi, Houshmand & Ahmadi, Fariborz (2009). Dust as one of the environmental problems of the Islamic world, a case study of Khuzestan province, the fourth international congress of geographers of the Islamic world, Zahedan.
 - Azhdari Moghadam, Mehdi and Raispour, Kohzad (2010). Statistical analysis and identification of the origin of dust phenomenon

- the phenomenon of dust (case study: Isfahan), Iranian Pasture and Desert Research, 25(4), 863-876.
- Kalantari, Saeedeh, Taze, Mehdi, Taghizadeh, Ruholah and Momenzadeh, Zohreh (2014). Zoning of dust in Yazd province using GIS, the third national conference on sustainable agriculture and natural resources, Tehran.
 - Movahedi, Saeed, Hatami-Bahman-Biglou, Khodarahm and Narangi-Fard, Mehdi (2014). Spatial and temporal monitoring of weather phenomena related to dust in Iranian cities, Quarterly Journal of Geography and Environmental Studies, Volume 3, Number 11, Pages 37-48.
 - Mousavi Harami, Reza (2009). Sedimentology, 11th edition, p. 465.
 - Nik-Nejad, Maryam, Mahdavi, Ali and Karmi, Omid (2012). Comparison of the accuracy of common interpolation methods to prepare temperature maps, the first national conference on sustainable agriculture and natural resources, the
 - Eblaghian, Anahita (2013). Investigating the process of changing climatic parameters in Iran. Master's Thesis in Hydrology and Water Resources, University: Shahid Chamran Ahvaz, Faculty of Water Sciences and Engineering.
 - Falah Qalhari, Gholam Abbas & Sarostan, Rasool (2019). Investigating and forecasting the phenomenon of dust in Khuzestan province using Box-Jenkins time series models, Watershed Engineering and Management, 12(3), 608-620.
 - Indoitu, R., Orlovsky, L., & Orlovsky, N (2012). Dust storms in Central Asia: Spatial and temporal variations. Journal of Arid Environments, 85, 62-70.
 - Iran Meteorological Organization (2007). The set of guidelines for earth surface observation codes and methods (Synop), pages 48-50.
 - Jafari, Mehdi, Zahtabian, Gholamreza, & Mesbahzadeh, Taybeh (2017). Statistical analysis of

- half of Iran in the period from 1990 to 2009, Applied Research Journal of Geographical Sciences, Volume 13, Number 31, Pages 211-225.
- Yarmohammadi, Kolsum, Pournasrat, Soghra and Salari Khalis, Mozghan (2014). Application of GIS in dust zoning in western parts of Iran, National conference of new ideas in agriculture, environment and tourism.
 - Zarasondi, Alireza (2016). Interview about the investigation of the causes and factors of the formation of micro dust centers and the emergence of this phenomenon in Khuzestan, Iran Students News Agency ISNA, news code 962-1214-5.
 - Zarasundi, Alireza, Mer, Farid and Nazarpour, Ahad (2009). Geo-statistical investigation of dust occurrence as a geo-environmental phenomenon in Khuzestan province, Shahid Chamran University of Ahvaz Science Journal, number 25, part B, pages 13-29.
 - promotion group of environmentalists and the Iranian Nature Protection Association, Mehr Arvand Institute of Higher Education, Tehran.
 - Sobhani, Behrouz & Safarian Zangir, Vahid (2018). Analyzing and forecasting the phenomenon of dust in southwest Iran, Natural Environment Hazards, 8(22), 179-198.
 - Vahidi, Alireza (2009). Studying and investigating the effects of drought and desertification on the pervasive phenomenon of dust in Iran and neighboring countries, the second national conference on wind erosion and dust storms, Yazd University.
 - Worker Sistani, Marzieh (2011). Statistical study and zoning of dust storms in Razavi Khorasan Province, First National Desert Conference of International Desert Research Center, University of Tehran.
 - Yarahmadi, Dariush & Khush-Kish, Asadullah (2012). Distribution of dust phenomenon in the western