

The Effect of Drought on Dust Storm Frequency (Case study: Bushehr Province)

Gholamreza Rahi^{*1}, Fatemeh Bahreini², Mohammad Khosroshahi³,
Leila Biabani⁴

1. Corresponding Author, Research Assistant Prof., Research and Product Development, Bushehr, Iran. E-mail: khrahi@yahoo.com
2. Ph.D. Graduate, Faculty of Natural Resources and Geoscience, University of Kashan, Esfahan, Iran. E-mail: f_bahreini88@yahoo.com
3. Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran. E-mail: khosro@rrfr-ac.ir
4. Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Alborz, Iran. E-mail: biabani.leila@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 11.13.2021
Revised: 03.05.2022
Accepted: 06.11.2022

Keywords:
Bushehr Province,
Drought,
DSI,
Dust,
SPEI

ABSTRACT

Background and Objectives: Drought and dust are serious atmospheric hazards that have affected the western and southwestern parts of Iran in recent years due to various reasons. Since numerous droughts have had a detectable impact on occurrence and severity of dust, therefore, related studies are considered important. The purpose of this study is to analysis the trend of dust storms frequency and its relationship with drought (SPEI).

Materials and Methods: Bushehr province is located in north of the Persian Gulf and southwest of Iran. To investigate the effect of drought on dust storm, data on the dust events at daily timescale, monthly precipitation, temperature, humidity-relative, evapotranspiration data were utilized from 7 synoptic stations over 30 years (1989–2018). The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), dust storm occurrence based on weather codes 06 and 07 events and linear regression of parametric statistical test were used to estimate of drought, dust storm index (DSI) and their trends were analyzed by parametric linear regression test method. Spatial distribution of drought and dust in the case study obtained in Arc GIS software by IDW method. To investigate the relationship between climate and dust storms, the data of stations with significant trend of drought and dust storms frequency were analyzed using linear regression.

Results: The results showed that the percentage of drought frequency were classified into mild drought (79.06%), moderate drought (18.96%) and severe drought (2%) in the whole 30 years. Approximately 6.25% of droughts is occurred in the first decade, 50% in the second decade and 43.75% in the third decade. The spatial distribution map of drought also showed that the main focus of this phenomenon is occurred in the southern, central and northeastern parts of Bushehr province than rest of other parts. Existence air currents from Arabian Desert towards the central area of the province, the lack of appropriate vegetation, soil erosion and sand and salt zones in these parts have confirmed this issue. The percentage of occurrence of different drought during the whole study period showed that the occurrence of mild droughts was more than moderate droughts and the occurrence of moderate droughts was more than severe droughts. The overall trend of DSI changes across the entire study duration was decreased.

Conclusion: This study showed that dust storm index with increasing drought intensity was decreased and its correlation with drought during the 30-year period was not significant. Overlaying both of spatial distribution maps of drought and DSI did not show homogenous distribution pattern. This indicates that human factors or external source of dust can play a more important role in creating heterogeneous distribution pattern of drought and DSI in Bushehr province. Finally, the relationship between drought and DSI has always fluctuated according to dry and wet years over the whole study period.

Cite this article: Rahi, Gholamreza, Bahreini, Fatemeh, Khosroshahi, Mohammad, Biabani, Leila. 2022. The Effect of Drought on Dust Storm Frequency (Case study: Bushehr Province). *Journal of Water and Soil Conservation*, 29 (1), 31-51.



© The Author(s).

DOI: 10.22069/jwsc.2022.19677.3511

Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

تأثیر خشک‌سالی بر فراوانی وقوع پدیده گردوغبار (مطالعه موردی: استان بوشهر)

غلامرضا راهی^{۱*}، فاطمه بحرینی^۲، محمد خسروشاهی^۳، لیلا بیابانی^۴

۱. نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی، سازمان تات، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، استان بوشهر، بوشهر، ایران. رایانامه: khrahi@yahoo.com
۲. دانش‌آموخته دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، اصفهان، ایران. رایانامه: f_bahreini88@yahoo.com
۳. دانشیار سازمان تات، مؤسسه جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور ایران، استان تهران، تهران، ایران. رایانامه: khosro@rrfr-ac.ir
۴. دانشجوی دکتری مدیریت کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، البرز، ایران. رایانامه: biabani.leila@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: خشک‌سالی و گردوغبار از جمله مخاطرات جوی هستند که به دلیل عوامل گوناگون در طی سالیان اخیر، مناطق غربی و جنوب‌غربی کشور را متأثر کرده است. از آنجایی‌که خشک‌سالی‌های متعدد تأثیر به‌سزایی در پیدایش و تشدید گردوغبار داشته است، از این‌رو مطالعات مربوط به آن، مهم محسوب شده است. هدف از این پژوهش، بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با طوفان‌های گردوغبار (DSI) و میزان ارتباط آن با شاخص SPEI است.
تاریخ دریافت: ۰۰/۰۸/۲۲	
تاریخ ویرایش: ۰۰/۱۲/۱۴	
تاریخ پذیرش: ۰۱/۰۳/۲۱	
واژه‌های کلیدی: استان بوشهر، خشک‌سالی، شاخص DSI، شاخص SPEI، گردوغبار	مواد و روش‌ها: منطقه مورد مطالعه استان بوشهر در شمال خلیج فارس و جنوب‌غربی ایران قرار دارد. برای بررسی تأثیر خشک‌سالی بر میزان گردوغبار از داده‌های روزانه گردوغبار، بارندگی ماهانه، دما، رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق ۷ ایستگاه هواشناسی استان بوشهر با طول دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۹-۲۰۱۸) در مقیاس سالانه استفاده شد. برآورد خشک‌سالی با استفاده از شاخص بارش - تبخیر و تعرق استاندارد (SPEI) و برآورد وقوع گردوغبار بر مبنای کدهای پدیده ۰۷ و ۰۶ با میدان دید کم‌تر از یک کیلومتر و روند آن‌ها به روش آزمون پارامتریک رگرسیون خطی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. هم‌چنین پهنه‌بندی خشک‌سالی استان بوشهر در نرم‌افزار Arc GIS به روش IDW انجام شد. سپس برای بررسی ارتباط خشک‌سالی با طوفان‌های گردوغبار، ایستگاه‌هایی که شاخص SPEI و هم‌چنین متغیر فراوانی روزهای همراه با طوفان گردوغبار آن‌ها دارای روند معنی‌داری بودند با استفاده از رگرسیون خطی مورد تحلیل واقع شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که درصد فراوانی خشک‌سالی در دوره ۳۰ ساله در استان بوشهر، ۷۹/۰۶ درصد فراوانی دارای خشکی ملایم، حدود ۱۸/۹۶ درصد فراوانی دارای خشکی متوسط و حدود ۲ درصد فراوانی خشک‌سالی شدید بوده است. حدود ۶/۲۵ درصد خشک‌سالی‌ها مربوط به دهه اول، ۵۰ درصد خشک‌سالی‌ها در دهه دوم و ۴۳/۷۵ درصد خشک‌سالی‌ها در دهه سوم اتفاق افتاده است. نقشه توزیع مکانی خشک‌سالی نیز نشان داد، کانون اصلی تمرکز این پدیده در محدوده‌های جنوبی، مرکز و شمال‌شرقی نسبت به سایر مناطق استان بیش‌تر است که جریان‌های هوایی صحرای عربستان به سمت نواحی مرکزی استان، نبود پوشش گیاهی مناسب و فرسایش خاک و وجود پهنه‌های ماسه‌ای و نمکی در این بخش‌ها این موضوع را مشخص کرده است. هم‌چنین مقایسه درصد وقوع خشک‌سالی‌های رخ‌داده در بازه ۳۰ ساله نشان‌دهنده احتمال و فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ملایم نسبت به خشک‌سالی‌های متوسط و احتمال وقوع خشک‌سالی‌های متوسط نسبت به خشک‌سالی‌های شدید بیش‌تر بوده است. و مقدار شاخص DSI برای استان بوشهر باگذشت زمان کاهش داشته است.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که شاخص DSI طی دوره مورد مطالعه با افزایش شدت خشک‌سالی، کاهش داشته است و همبستگی آن با خشک‌سالی طی دوره ۳۰ ساله معنی‌دار نبوده است. تلفیق نقشه توزیع پراکندگی خشک‌سالی و شاخص DSI الگوی یکسانی را نشان نداد. این موضوع مشخص می‌نماید عوامل انسانی یا منبع فرامحلی ریزگرد می‌تواند نقش مهم‌تری در ایجاد الگوی ناهمگون پراکندگی خشک‌سالی و شاخص DSI در استان بوشهر داشته باشد. در نهایت میزان ارتباط خشک‌سالی و شاخص DSI همواره با توجه به خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها، نوسان داشته است.

استناد: راهی، غلامرضا، بحرینی، فاطمه، خسروشاهی، محمد، بیابانی، لایلا (۱۴۰۱). تأثیر خشک‌سالی بر فراوانی وقوع پدیده گردوغبار (مطالعه موردی: استان بوشهر). پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۹ (۱)، ۵۱-۳۱.

DOI: 10.22069/jwsc.2022.19677.3511



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

خشک‌سالی از مخرب‌ترین رویدادهای آب‌وهوایی است که موجب بروز خسارت‌های قابل‌توجهی در بخش منابع طبیعی و انسانی می‌شود. پدیده خشک‌سالی بعد از دو چالش عمده تغییر اقلیم و کمبود آب شیرین، به‌عنوان سومین چالش عمده جهانی در قرن ۲۱ از سوی کارشناسان قلمداد شده و از مخاطرات اصلی مرتبط با منابع آب است. به‌طورکلی خشک‌سالی زمانی روی می‌دهد که کاهش چشم‌گیر منابع آب، هم در مکان و هم در زمان ویژه‌ای روی دهد (۱). بحران خشک‌سالی و گردوغبار در کشور یک بحران محیط‌زیستی است. به دلیل ناهنجاری‌های اقلیمی در بسیاری از مناطق کشور و قرار گرفتن بر روی محور بیابان‌زایی جهان، بیش از نیمی از کشور در عرصه‌های بیابانی قرار دارد و همواره در مواجهه با فرسایش بادی است (۲). فشارهای ناشی از بهره‌برداری انسان از طبیعت از یکسو و پدیده‌هایی مانند تغییرات اقلیمی و نوسان‌های آب و هوایی و وقوع دوره‌های طولانی‌مدت خشک‌سالی از سوی دیگر، زمینه را برای فعالیت سامانه‌های گردوغبار محلی و سینوپتیکی فراهم کرده است (۳).

بررسی روند تغییرات نزدیک به سه دهه شاخص‌های اقلیمی در شهرستان‌های غرب استان خراسان رضوی نشان‌دهنده مساعد شدن شرایط برای افزایش گردوغبار است. بررسی روند تغییرات سالانه شاخص‌های گردوغبار نشان داد با مساعد شدن شرایط اقلیمی برای افزایش گردوغبار روند تغییرات DSI و روزهای با دید افقی کم‌تر از ۲۰۰ متر در طول دوره مطالعاتی افزایشی بوده است (۴). براساس مطالعه انصاری و همکاران (۲۰۲۰) مشاهده شد که همبستگی زیادی بین شاخص اقلیمی SPI و فراوانی روزهای همراه با طوفان‌های گردوغبار در ایستگاه‌های

سینوپتیکی غرب و جنوب‌غرب وجود دارد به‌نحوی که بیش‌ترین همبستگی در ایستگاه‌های دزفول، بستان و مسجدسلیمان وجود داشت (۵). در بررسی خشک‌سالی استان خوزستان نتایج نشان داد که ارتباط مستقیم و معنی‌دار میان خشک‌سالی هواشناسی و تعداد روزهای غبارآلود در استان خوزستان وجود دارد (۶). نتایج مطالعه احمدی و علی‌محمدی (۲۰۲۱) جهت پهنه‌بندی مناطق حساس به خشک‌سالی در استان کردستان با استفاده از ترکیب شاخص‌های EVI و SPI ، نشان داد که خشک‌سالی ناشی از تغییرات بارشی دارای راستای غرب به شرق است و پدیده خشک‌سالی در مناطق شرقی شدت بیشتری دارد و مناطق جنوبی حساسیت بالاتری را نشان داده‌اند که در مجموع، مناطق جنوبی، به‌ویژه جنوب‌شرق استان، بیش‌ترین آسیب‌پذیری را در پدیده خشک‌سالی داشته‌اند (۷). آکولویچ و همکاران (۲۰۱۸) ارتباط بین خشک‌سالی، بارش، تبخیر و تعرق و گردوغبار و تأثیر آن بر سلامت انسان‌ها را در جنوب ایالات متحده موردبررسی قرار دادند. تحلیل‌ها نشان داد گردوغباری که در بیابان‌های بزرگ امریکای شمالی در مناطق محلی و منطقه‌ای انباشته شده است به‌شدت با تغییرات $SPEI$ همبستگی دارد (۸). انصافی‌مقدم و همکاران (۲۰۱۷) اثرهای تغییرات اقلیمی بارش را بر وقوع گردوغبار در جنوب‌غرب پایش نمودند. چنین استنباط شد که در مدت‌زمانی که بارش‌ها کم‌تر از متوسط بلندمدت است و منطقه با خشک‌سالی مواجه است، با افزایش تعداد روزهای گردوغبار همراه بوده و بالعکس (۹). افزایش بارش‌ها و به‌تبع کاهش دوره‌های خشک، کاهش تعداد روزهای غبارآلود را سبب شده است. ارزیابی نقش خشک‌سالی بر فراوانی وقوع گردوغبار در استان خراسان رضوی نشان داد که بین وقوع گردوغبار با خشک‌سالی ارتباطی مستقیم وجود دارد و در سال‌هایی که شدت خشک‌سالی زیاد

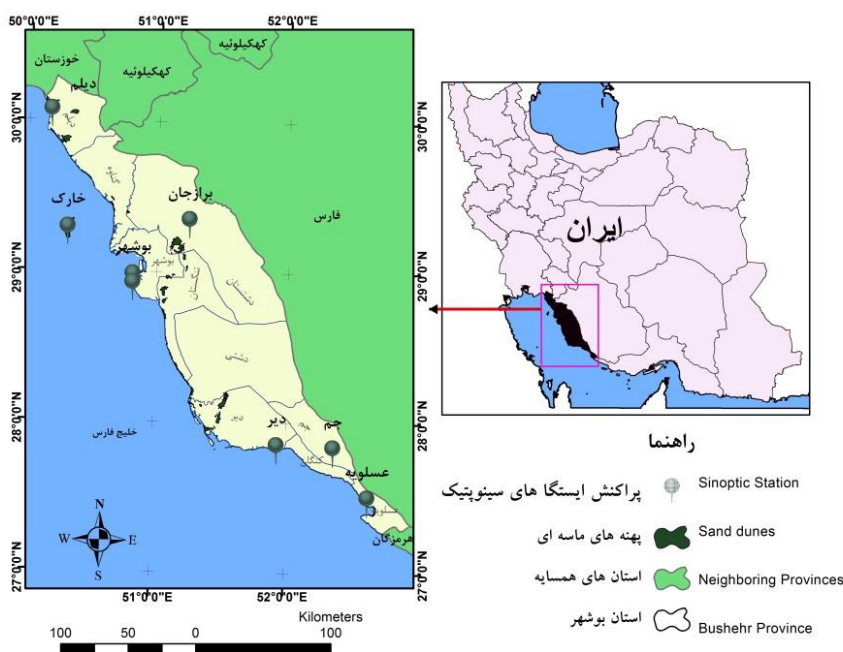
متفاوت زمانی مورد بررسی قرار بگیرد. بنابراین هدف از این پژوهش مقایسه پهنه‌بندی مکانی خشک‌سالی اقلیمی با استفاده از شاخص SPEI با پهنه‌بندی تعداد وقوع گردوغبار در بازه زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ در استان بوشهر است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، استان بوشهر در شمال خلیج فارس و جنوب غربی ایران قرار دارد که از نظر موقعیت بین عرض جغرافیایی ۱۹° ۲۷' تا ۱۶° ۳۰' شمالی و طول جغرافیایی ۱° ۵۰' تا ۵۹° ۵۲' شرقی قرار دارد. این استان حدود ۲۳۱۹۷/۴۶ کیلومتر مربع مساحت و ۹۱۶/۳۴ کیلومتر مرز ساحلی با دریای خلیج فارس دارد (شکل ۱). استان بوشهر از شمال به استان‌های خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب به خلیج فارس و استان هرمزگان، از شرق به استان فارس و از غرب به خلیج فارس محدود است. شهرستان‌های بوشهر، تنگستان، دشتستان، دشتی، دیر، دیلم، کنگان، گناوه، جم و عسلویه در این استان قرار دارند و مرکز سیاسی - اداری آن، شهر بوشهر است. این استان از نظر موقعیت طبیعی از دو قسمت جلگه‌ای و کوهستانی و قسمت جلگه‌ای آن در امتداد خلیج فارس کشیده شده است. اکثر شهرها و مراکز جمعیتی استان در محدوده این جلگه‌ها استقرار یافته‌اند. قسمت کوهستانی آن، از دو رشته‌کوه گچ‌ترش و نوکند تشکیل شده که در سراسر طول استان به موازات هم امتداد یافته‌اند.

یا کم شده، بر تعداد وقوع گردوغبار افزوده یا از آن کاسته شده است (۱۰). درحالی‌که بررسی ارتباط میان خشک‌سالی و فراوانی روزهای همراه با گردوغبار در ایستگاه‌های کرج و قزوین (۱۱) و بندرعباس (۱۲) نیز نشان داد که همبستگی معنی‌داری میان این دو پدیده وجود ندارد. هم‌چنین در شهرستان لار نتایج بیانگر آن است که با وجود خشک‌سالی، گردوغبار روندی تقریباً ثابت داشته است. در بررسی اثر سرعت باد و رطوبت نسبی در غلظت گردوغبار اتمسفری در نواحی نیمه‌خشک نشان داده شد که غلظت گردوغبار اتمسفری به‌طور مستقیم با رطوبت نسبی ارتباط ندارد. درعین حال، غلظت گردوغبار با افزایش رطوبت نسبی حداکثر تا ۲۵٪ افزایش و سپس کاهش می‌یابد (۱۳).

بنابراین براساس سابقه پژوهش خشک‌سالی پدیده‌ای است که در اثر تغییرات محیطی و اقلیمی ایجاد می‌شود. این پدیده تحت‌تأثیر کمبود بارندگی و دما است. هم‌چنین گردوغبار نیز یکی از مشکلات مهم زیست‌محیطی بوده که در اثر تغییرات اقلیمی و خشک‌سالی اتفاق می‌افتد. با خشک‌سالی چندساله اخیر، بسیاری از بحران‌های زیست‌محیطی ناشی از گردوغبار در ایران و خاورمیانه به وجود آمده است. تاکنون به مطالعاتی که نقش خشک‌سالی‌های اخیر بر وقوع گردوغبار محلی استان بوشهر را به‌طور جامع بررسی کند کم‌تر پرداخته شده است. با تأثیر گردوغبار بسیاری از مشکلات بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی ایجاد شده است. بنابراین در این پژوهش سعی شد تا نقش شدیدترین دوره‌های خشک‌سالی در چند سال اخیر، وقوع گردوغبار داخلی و محلی در مقیاس‌های



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه.

Figure 1. The geographical location of the case study.

تعداد تکرارهای مواجهه با خشک‌سالی) مربوط به مقیاس ۱۲ ماهه برای تمام وضعیت‌های خشک‌سالی (نرمال، متوسط، شدید و خیلی شدید) در تمام ایستگاه‌ها محاسبه گردید. جدول ۱ رتبه‌بندی خشک‌سالی با روش SPEI نشان داده شده است (۱۵). مبنای محاسبه شاخص مذکور رابطه بیلان آب (رابطه ۱) بوده که با اعمال تفاوت میان بارندگی (P) و قابلیت تبخیر و تعرق (PET) براساس رویکرد تورنت‌وایت ارزیابی می‌شود (۱۵).

$$Di = P - PET \quad (1)$$

جهت ارزیابی وضعیت خشک‌سالی SPEI (شاخص استاندارد شده بارش و تبخیر و تعرق) و پهنه‌بندی آن از آمار هفت ایستگاه هواشناسی (جم، دیر، دیلم، خارک، بوشهر، برازجان و عسلویه) در بازه زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ (۱۴) با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 و ابتدا شاخص خشک‌سالی برای هر یک از ایستگاه‌ها محاسبه گردید و سپس با استفاده از روش درون‌یابی فاصله معکوس وزنی (IDW¹) برای استان بوشهر پهنه‌های خشک‌سالی ترسیم گردید. در این پهنه‌بندی با استفاده از مقادیر به دست آمده SPEI سال‌هایی که مواجهه با خشک‌سالی بودند مشخص و سپس فراوانی نسبی

1- Inverse distance weighting

جدول ۱- طبقه‌بندی شاخص بارندگی استاندارد شده (SPEI).

Table 1. Classification of standardized rainfall index (SPEI).

کلاس Class	وضعیت situation
$2 \leq$	ترسالی بسیار شدید Very severe wet
1.99 تا 1.5	ترسالی شدید Intense wetness
1.49 تا 1	ترسالی متوسط Medium wetting
-0.99 تا -0.99	نرمال normal
-1 تا -1.49	خشک‌سالی خفیف Mild drought
-1.5 تا -1.99	خشک‌سالی شدید Severe drought
$-2 \geq$	خشک‌سالی بسیار شدید Very severe drought

در این مقاله مقدار شاخص DSI^1 (۱۶) برای ایستگاه‌های مختلف در دوره زمانی مورد مطالعه به صورت ماهانه و سالانه محاسبه گردید و در نهایت کل مقدار شاخص برای استان نیز از مجموع شاخص‌های برآورد شده به صورت سالانه محاسبه شد. در ادامه به منظور پایش روند تغییرات در محدوده زمانی مورد مطالعه، به صورت روند ماهیانه و سالانه مورد آنالیز آماری قرار گرفت. به این منظور با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آنالیز رگرسیون برای محاسبه معنی‌داری روند تغییرات در دوره زمانی استفاده شد.

در این مقاله مقدار شاخص DSI^1 (۱۶) برای ایستگاه‌های مختلف در دوره زمانی مورد مطالعه به صورت ماهانه و سالانه محاسبه گردید و در نهایت کل مقدار شاخص برای استان نیز از مجموع شاخص‌های برآورد شده به صورت سالانه محاسبه شد. در ادامه به منظور پایش روند تغییرات در محدوده زمانی مورد مطالعه، به صورت روند ماهیانه و سالانه مورد آنالیز آماری قرار گرفت. به این منظور با توجه به نرمال بودن داده‌ها از آنالیز رگرسیون برای محاسبه معنی‌داری روند تغییرات در دوره زمانی استفاده شد.

$$DSI = (5SD) + MD + LDE/20 \quad (2)$$

که در آن، DSI شاخص تعداد روزهای غبارناکی، SD^2 تعداد روزهای طوفانی گردوخاک با قدرت دید افقی کم‌تر از ۲۰۰ متر (کد ۳۳-۳۵)، MD^3 تعداد روزهای طوفانی گردوخاک با قدرت دید افقی

۱۰۰۰-۲۰۰ متر (کد ۳۰، ۳۲ و ۹۸)، LDE^4 تعداد روزهای غبارآلود ناشی از گردوخاک با قدرت دید بیش از ۱۰۰۰ متر و دانسیته غبار بیش از ۰/۱۵ گرم بر مترمکعب می‌باشد (کد ۰۷ و ۰۹).

به منظور تحلیل مکانی نتایج و تغییرات صورت گرفته در منطقه در دوره زمانی مورد مطالعه مقادیر شاخص DSI برای بازه‌های ده‌ساله در سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ محاسبه و هم‌چنین نقشه میانگین تغییرات نیز برای دوره زمانی مورد مطالعه برای ایستگاه‌های مختلف و پهنه‌بندی آن در نرم‌افزار Arc-GIS انجام گردید.

کدهای مربوط به پدیده‌های گردوخاکی از میان سایر کدها به روش فیلتر کردن در نرم‌افزار اکسل جدا و سپس فراوانی هر یک از کدها در هر یک از ایستگاه‌های منتخب برای دوره آماری ۳۰ ساله در کدهای مربوط به طوفان‌های گرد و خاک (۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵ و ۰۹) و کدهای مربوط به پدیده

- 1- Dust Storm Index-DSI
- 2- Sandy Dust
- 3- Moderate Dust

4- Local Dust Events

نشان داد که هیچ‌کدام از متغیرهای اقلیمی دما، سرعت باد و تبخیر و تعرق و بارندگی تأثیری بر کاهش یا افزایش پدیده گردوغبار نداشته است، درحالی‌که در بررسی طولانی‌مدت تنها رطوبت نسبی تأثیر معناداری بر کاهش فراوانی وقوع گردوغبار داشته است.

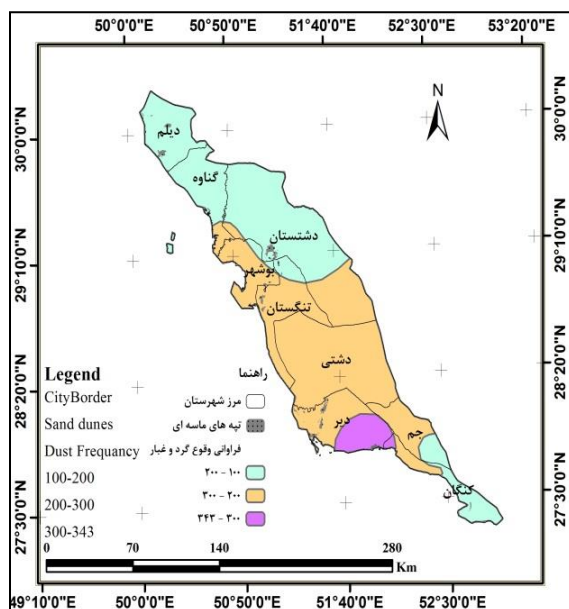
کانون اصلی تمرکز پدیده گردوغبار ابتدا در مناطق وسیعی از مرکز استان، جنوب شرق و سپس در مناطق جنوب غربی استان واقع شده است، به این ترتیب که در بندر دیر به عنوان هسته اصلی وقوع گردوغبار و مناطق پیرامونی آن به سمت مرکز از شرق تا غرب استان می‌باشد. بخش‌های زیادی از قسمت‌های غربی استان حرکت گردوغبار ناشی از جریان‌های هوایی از صحرای عربستان به سمت نواحی مرکزی استان می‌باشد که نبود پوشش گیاهی مناسب و فرسایش خاک در این مناطق مزید بر علت شده و در تشدید وضعیت گردوغبار کمک کرده است (۱۷).

گردوخاک (۰۶ و ۰۷) به صورت سالیانه و ماهیانه به وسیله نرم‌افزار SPSS به دست آمده است.

نتایج و بحث

سرعت و فراوانی وقوع پدیده گردوغبار، شیب نمودار مربوط به پارامترهای سرعت باد، بادهای با سرعت بالاتر از آستانه فرسایش و فراوانی وقوع پدیده گردوغبار به جز ایستگاه‌های دیر و برازجان که نزدیک به تپه‌های ماسه‌ای قرار دارند، در ایستگاه‌های جم، بوشهر، خارک و دیلم در طول دوره آماری ۳۰ ساله به صورت کاهشی است. بیش‌ترین فراوانی وقوع گردوغبار مربوط به ایستگاه دیر با ۳۴۵ مورد فراوانی وقوع در سال و سرعت متوسط باد با ۷/۶ متر بر ثانیه می‌باشد. کم‌ترین فراوانی وقوع گردوغبار مربوط به ایستگاه دیلم با ۱۲۱ مورد فراوانی وقوع در سال می‌باشد.

رابطه بین متغیرهای اقلیمی و فراوانی وقوع پدیده گردوغبار در سطح کل استان بوشهر در طی ۳۰ سال



شکل ۲- فراوانی وقوع گردوغبار براساس میانگین فراوانی بین سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸.

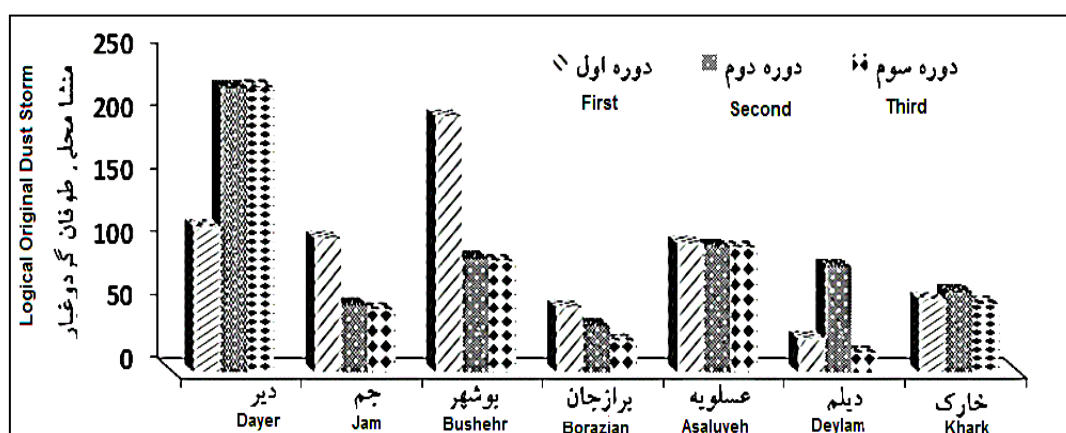
Figure 2. The frequency of dust occurrence based on the average frequency between 1989 and 2018.

عسلویه در دوره سوم (۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸) میزان سرعت باد بالاتر از دوره دوم و این دوره بالاتر از دوره اول می‌باشد. درحالی‌که در سایر ایستگاه در اثر گذر زمان سرعت باد کم‌تر شده است و نوسان زیادی در میزان سرعت باد مشاهده نمی‌شود.

فراوانی وقوع پدیده گردوغبار به جز دو ایستگاه دیر و عسلویه در سایر ایستگاه‌ها روند کاهشی وقوع گردوغبار از دوره اول به دوره سوم (از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸) رخ داده است. در بررسی منشأ گردوغبار همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود تنها در ایستگاه دیر (جنوب استان بوشهر که نزدیک تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد) منشأ محلی گردوغبار در دوره سوم افزایش داشته، سایر ایستگاه‌ها کاهش منشأ محلی گردوغبار را نشان می‌دهند؛ اما در بررسی منشأ فرامحلی، تنها در ایستگاه‌های دیر و عسلویه منشأ فرامحلی گردوغبار بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸ نسبت به دو دوره دیگر افزایش نشان داشته است. درحالی‌که در سایر ایستگاه‌ها فراوانی وقوع گردوغبار بین سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۸ بالاتر از دوره‌های بعدی بوده است.

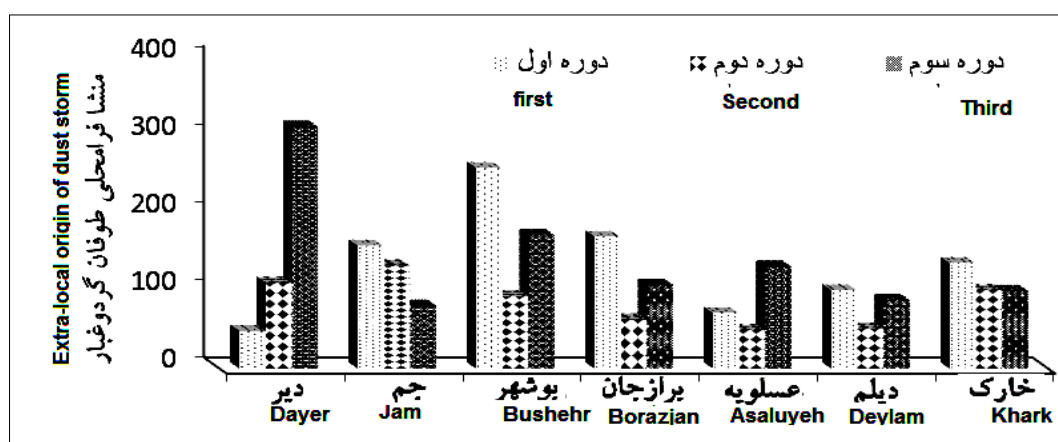
میانگین‌های سالانه برای همه پارامترهای اقلیمی (متوسط دمای سالانه، میانگین سرعت باد، متوسط میزان بارش، رطوبت نسبی و تبخیر و تعرق) برای استان بوشهر جهت مقایسه در سه دوره ده‌ساله اول (۱۹۸۹-۱۹۹۸)، دوم (۱۹۹۸-۲۰۰۸) و سوم (۲۰۰۸-۲۰۱۸) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه و تحلیل نمودارهای پارامترهای اقلیمی در سه دوره نشان‌دهنده کاهش میزان بارش و افزایش دما در دوره سوم نسبت به دوره دوم و دوره دوم نسبت به دوره اول در همه ایستگاه‌ها می‌باشد. رطوبت نسبی در طول سه دوره در تمامی ایستگاه‌ها روند خاصی را با نوسانات بسیار کم دنبال می‌کند و پارامتر تبخیر و تعرق در بیش‌تر ایستگاه‌ها به جز عسلویه و برازجان روند یکسانی را دنبال می‌کند، در ایستگاه‌های عسلویه و برازجان برخلاف سایر ایستگاه‌ها نوسانات نسبتاً زیادی مشاهده شده است، به‌طوری‌که میزان تبخیر و تعرق در دوره سوم نسبت به دوره دوم و دوره دوم نسبت به دوره اول افزایش داشته است.

سرعت باد و فراوانی وقوع طوفان گردوغبار مشاهده می‌شود که در ایستگاه‌های دیر، برازجان و



شکل ۳- منشأ محلی فراوانی وقوع پدیده گردوغبار در سه دوره اول (۱۹۸۹-۱۹۹۸)، دوم (۱۹۹۸-۲۰۰۸) و سوم (۲۰۰۸-۲۰۱۸).

Figure 3. The local origin of the occurrence of dust phenomenon in the first time (1989-1998), second time (1998-2008) and third time (2008-2018).

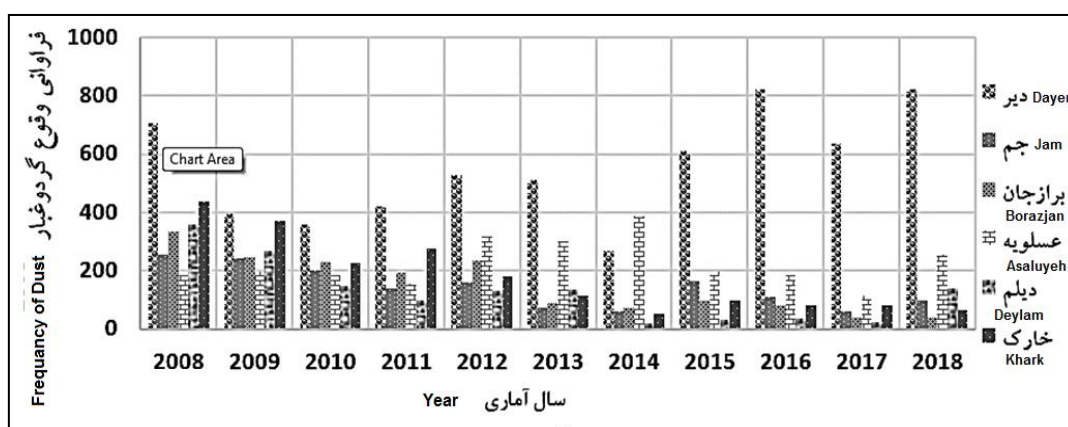


شکل ۴- منشأ فرامحلی فراوانی وقوع پدیده گردوغبار در سه دوره اول (۱۹۸۹-۱۹۹۸)، دوم (۱۹۹۸-۲۰۰۸) و سوم (۲۰۰۸-۲۰۱۸).

Figure 4. The extra-local origin of the occurrence of dust phenomenon in the first time (1989-1998), second time (1998-2008) and third time (2008-2018).

مربوط به ایستگاه دیلم است. پراکندگی مکانی وقوع پدیده گردوغبار نشان داد که کانون اصلی تمرکز این پدیده ابتدا در مناطق وسیعی از مرکز استان، جنوب شرقی و سپس در مناطق جنوب غربی استان واقع شده است، به این ترتیب که در بندر دیر به عنوان هسته اصلی وقوع گردوغبار و مناطق پیرامون آن به سمت مرکز از شرق تا غرب استان را شامل شده است.

در تمام ایستگاه‌ها به جز ایستگاه دیر فراوانی وقوع پدیده گردوغبار از سال ۲۰۰۸ تا سال ۲۰۱۷ یک‌روند کاهشی و در سال ۲۰۱۸ اوج فراوانی وقوع را دنبال می‌کند (شکل ۵). از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۸ به جز ایستگاه‌های دیر و عسلویه سایر ایستگاه‌ها روند کاهشی را تجربه می‌کنند. بیش‌ترین میزان فراوانی وقوع پدیده گردوغبار با ۳۴۵ مورد در سال مربوط به ایستگاه دیر و کم‌ترین میزان با ۱۲۱ مورد در سال



شکل ۵- فراوانی وقوع گردوغبار در ده اخیر (۲۰۰۸-۲۰۱۸).

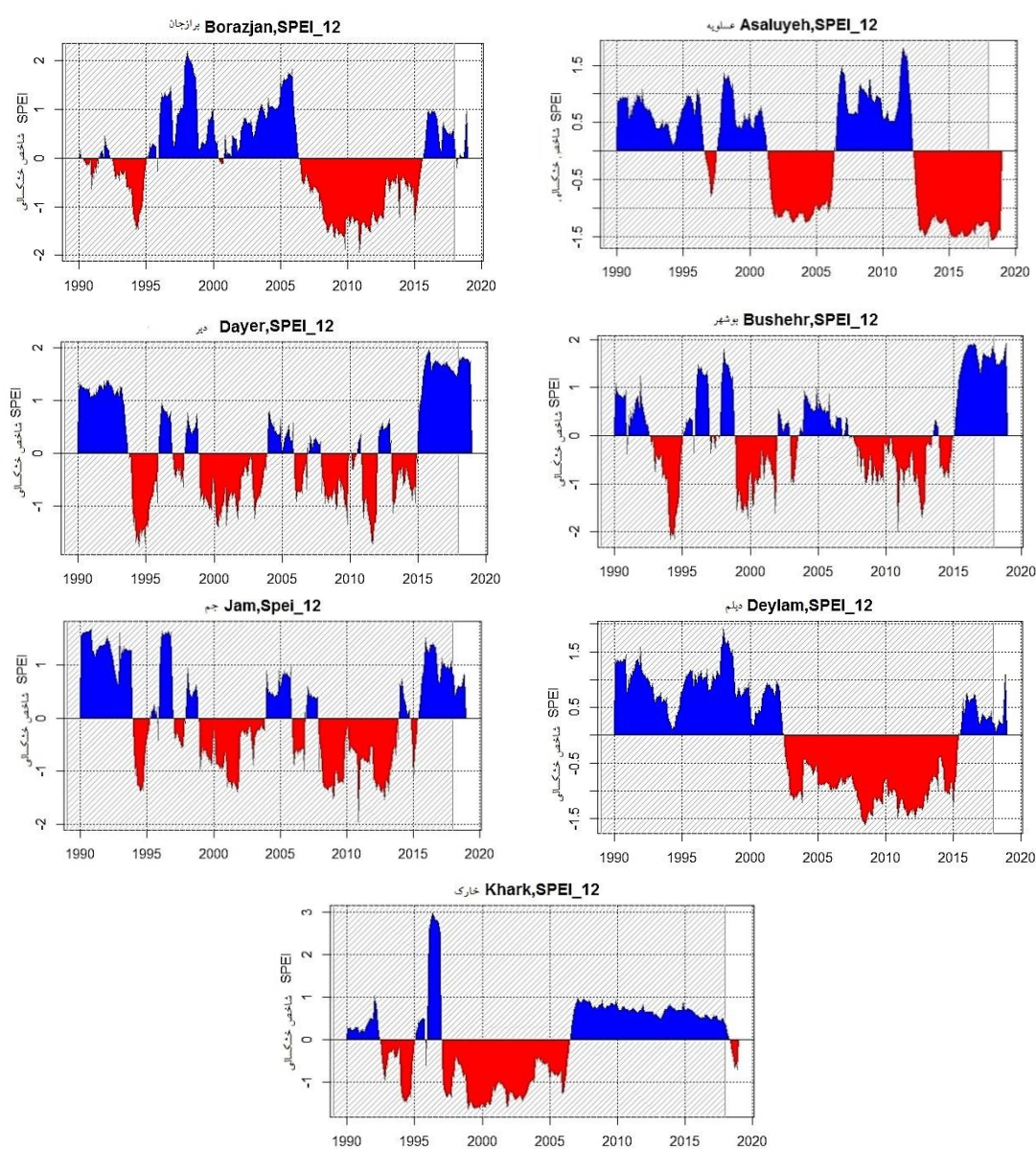
Figure 5. The frequency of dust phenomenon in the last decade (2008-2018).

درصد فراوانی خشکی ملایم، حدود ۱۸/۳۶ درصد فراوانی دارای خشکی متوسط و حدود ۲ درصد فراوانی خشک‌سالی شدید بوده است. خشک‌سالی

نوسان‌های خشک‌سالی با استفاده از محاسبه SPEI در بازه‌های زمانی دوازده‌ماهه در ۷ ایستگاه مورد مطالعه در شکل ۶ نشان داده شده است. ۷۸/۴۶

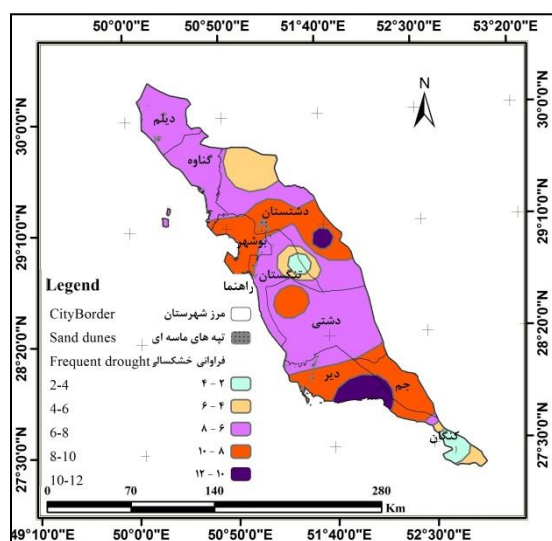
پهنه‌بندی خشک‌سالی استان بوشهر از نظر فراوانی و توزیع آن در مقیاس ۱۲ ماهه در شکل ۷ نشان داده شده است. نقشه توزیع مکانی خشک‌سالی نشان می‌دهد کانون اصلی تمرکز این پدیده در محدوده جنوبی، مرکز و شمال شرقی (عمدتاً در محدوده‌های دیر، جم، خورموج، سعدآباد، اهرم، برازجان و بوشهر) استان می‌باشد که این مناطق دارای حساسیت و قابلیت بیش‌تری نسبت به دیگر نقاط استان را دارند.

ملازم بیش‌ترین آمار را در بین خشک‌سالی‌ها دارا می‌باشد. خشک‌سالی‌ها در استان بوشهر به ترتیب در دو دوره ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳ و دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۵ به وقوع پیوسته‌اند که ۶/۲۵ درصد خشک‌سالی‌ها مربوط به دهه نخست (۱۹۸۹-۱۹۹۸)، ۵۰ درصد خشک‌سالی‌ها در دهه دوم و ۴۳/۷۵ درصد خشک‌سالی‌ها در دهه سوم اتفاق افتاده است.



شکل ۶- ارزیابی شاخص خشک‌سالی SPEI در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه در ایستگاه مختلف در استان بوشهر.

Figure 6. The evaluation of SPEI drought index in 12-month time scale in Bushehr stations.



شکل ۷- پراکنندگی مکانی فراوانی وقوع خشک‌سالی در طی دوره ۳۰ ساله در استان بوشهر.

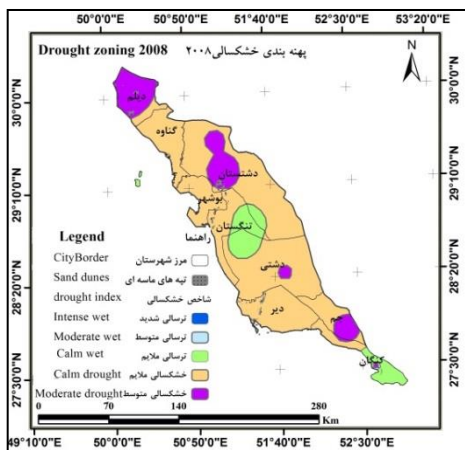
Figure 7. The spatial frequency of drought occurrence during 30-year in Bushehr province.

مقدار شاخص DSI برای استان بوشهر با گذشت زمان کاهش داشته است و در سطح اطمینان ۹۵ درصد تغییرات معنی‌داری ($R=0/36$, $P=0/04$) را نشان می‌دهد (شکل ۹) و این مقدار به‌طور کلی برابر ۳۴ واحد شاخص DSI است. مقادیر این شاخص در سال ۲۰۰۴ بالاترین میزان، در سال ۲۰۱۳ کم‌ترین میزان را نشان می‌دهد. روند فراوانی وقوع گردوغبار از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۸ ساختار یکسانی را در پیش گرفته است که از نظر آماری تغییرات معنی‌داری ندارد. پهنه‌بندی تغییرات شاخص DSI نشان‌دهنده وضعیت تغییرات شاخص طوفان گردوغبار در دوره زمانی مورد مطالعه می‌باشد (شکل ۱۰). در سال‌های ابتدایی بیشتر بخش‌های مرکزی استان بوشهر (شهرستان‌های دشتستان و بوشهر) تحت تأثیر طوفان‌های گردوغبار بوده است که از شدت این روند در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ کاسته شده و به‌طور کلی، منطقه شرایط بهتری را تجربه کرده است. نتایج مشابهی را می‌توان در مطالعه اصغری پوده و همکاران (۱۳۹۴) در استان خوزستان مشاهده کرد که مقدار شاخص DSI برای استان خوزستان با گذشت

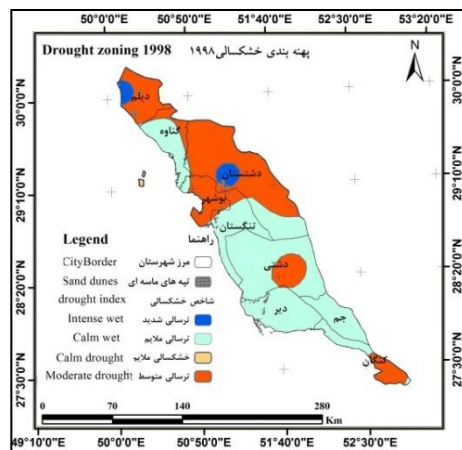
مقایسه مکانی وقوع خشک‌سالی‌های رخ داده شده در سه دهه مورد بررسی، نشان‌دهنده تغییر قابل توجه در توزیع مکانی خشک‌سالی می‌باشد. در بازه اول مساحت بسیار کمی از استان در محدوده ایستگاه خارک درگیر خشک‌سالی ملایم می‌باشد. بعد از گذشت به ترتیب ۱۰ و ۲۰ سال، مساحت بیشتری از سطح استان درگیر مسأله خشک‌سالی شده است و حتی برخی مناطق شدت خشک‌سالی افزایش نشان داده است (شکل ۸). بیش‌ترین و کم‌ترین احتمال خشک‌سالی‌های ملایم در دو ایستگاه دیر (۴۰ درصد) و عسلویه (۱۰ درصد) محاسبه شده است. مقایسه درصد وقوع خشک‌سالی‌های رخ داده در بازه مشخص نشان‌دهنده احتمال و فراوانی وقوع خشک‌سالی‌های ملایم نسبت به خشک‌سالی‌های متوسط، بیش‌تر و احتمال وقوع خشک‌سالی‌های متوسط نسبت به خشک‌سالی‌های شدید بالاتر می‌باشد. در نتیجه در تمامی ایستگاه‌ها فراوان‌ترین خشک‌سالی‌ها از نوع ملایم (SPEI $-0/99$ تا ۰) و نادرترین خشک‌سالی‌ها از نوع شدید (SPEI بین $-1/5$ تا -2) می‌باشند.

نزدیک به هم است. آنچه به وضوح قابل مشاهده است نقاط افزایش گردوغبار به سمت مناطق شور‌زار و نم‌زار استان پراکنش دارند (۱۸).

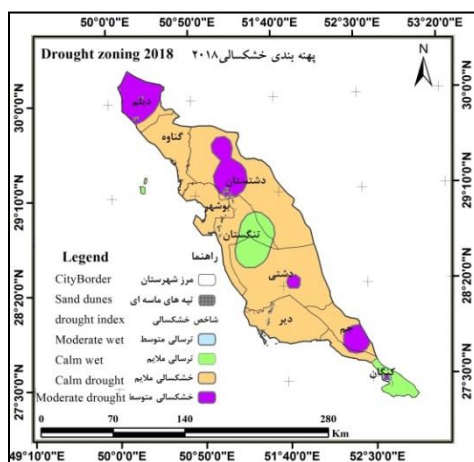
زمان کاهش و نتایج حاصله از تغییرات شاخص DSI در ایستگاه‌های مختلف در استان خوزستان بیانگر اختلال در روند شاخص‌ها حتی در ایستگاه‌های



ب (B)



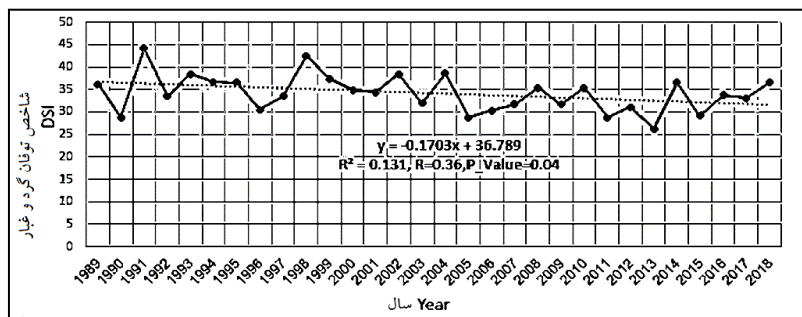
الف (A)



ج (C)

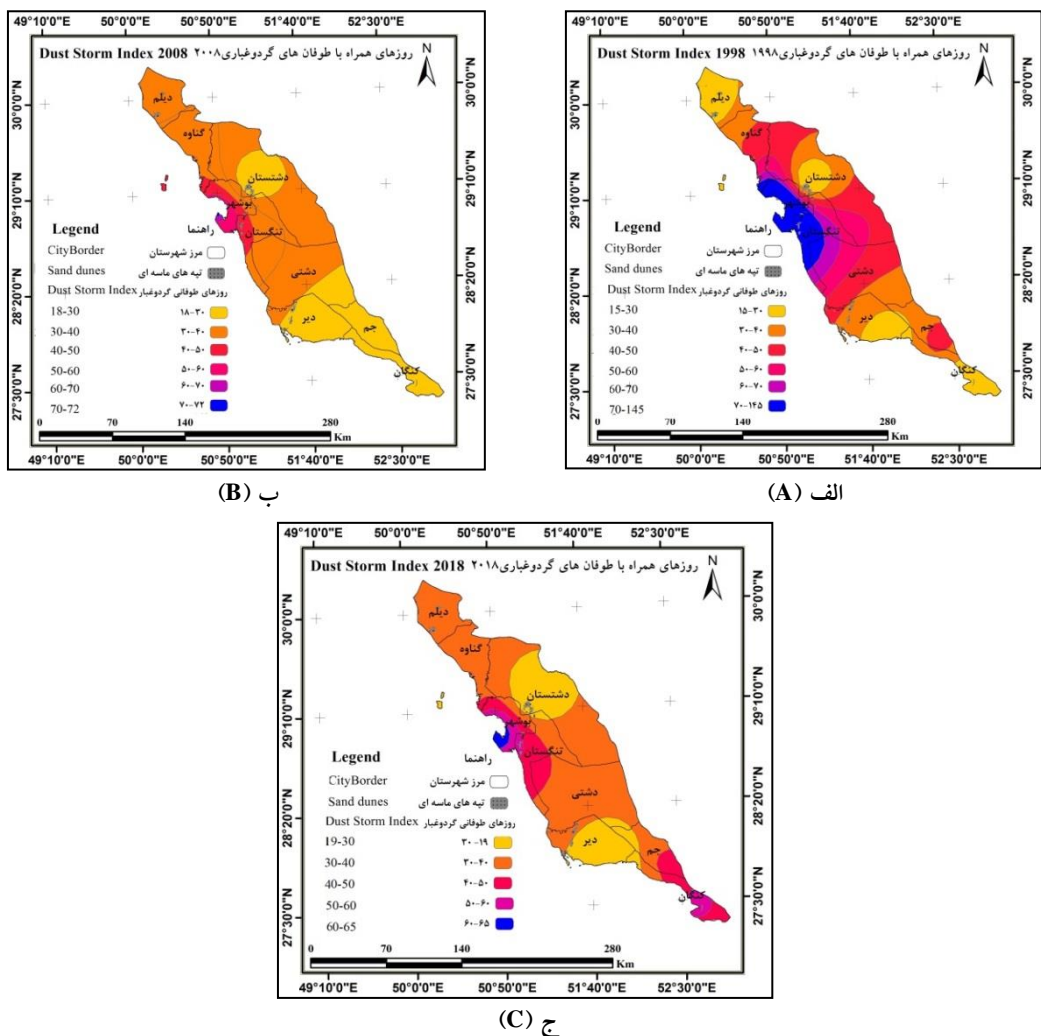
شکل ۸- پهنه‌بندی خشک‌سالی در سه دوره (الف) ۱۹۹۸، (ب) ۲۰۰۸ و (ج) ۲۰۱۸.

Figure 8. The Zoning of drought (1998 A), (2008 B) and (2018 C).



شکل ۹- روند شاخص طوفان گردوغبار (DSI) در طول سال‌های آماری.

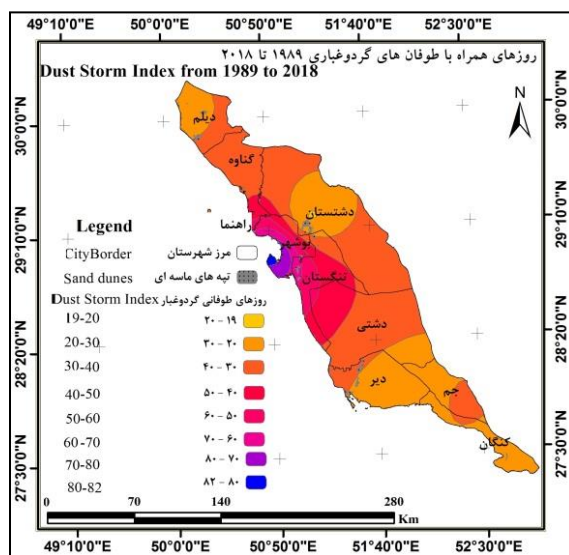
Figure 9. The trend of Dust Storm Index (DSI) over statistical years.



شکل ۱۰- پهنه‌بندی شاخص DSI در (الف، ۱۹۹۸)، (ب، ۲۰۰۸) و (ج، ۲۰۱۸).
Figure 10. Zoning of DSI index in (1998 A), (2008 B) and (2018 C).

بالعکس در ساعت‌های مختلف شبانه‌روزی از عوامل تشدیدکننده پدیده‌های گردوخاک در این بخش از استان باشد. هم‌چنین فرسایش خاک در این مناطق مزید بر علت شده و موجب تشدید وضعیت نامناسب در این مناطق به شمار می‌آید (۱۷).

پراکندگی مکانی این پدیده برای دوره ۳۰ ساله در شکل ۱۱ نشان داد که کانون اصلی تمرکز این پدیده ابتدا در بخش‌های غربی و جنوب‌غرب استان بوشهر واقع شده است. علت این موضوع در نوار ساحلی استان، کمبود پوشش گیاهی و وجود نم‌کزار و شورزار، هم‌چنین وزش نسیم دریا به خشکی و



شکل ۱۱- پهنه‌بندی شاخص DSI در دوره آماری ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸.

Figure 11. The Zoning of DSI from 1989 to 2018.

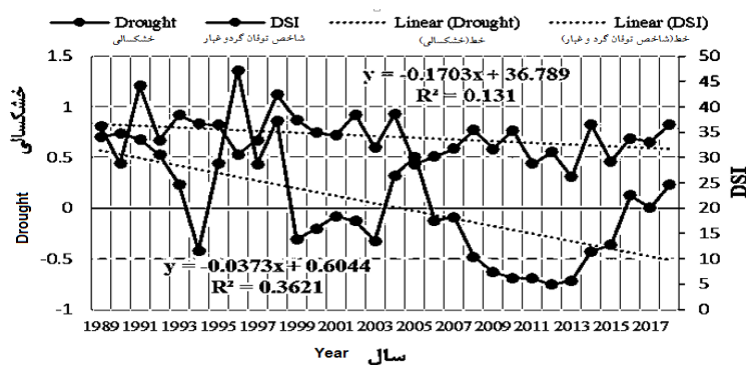
مانند سرعت بادهای فرساینده منطقه و رطوبت نسبی خاک، تغییرات کاربری اراضی در رویداد گردوغبار را مشخص می‌کند که با مطالعات انجام شده در استان اصفهان حکایت از این امر دارد (۱۹) و با این نتایج مطابقت دارد اما با مطالعات انجام شده در نیمه شرقی ایران (۲۰) و استان‌های قزوین و البرز مغایرت دارد (۲۱). جدول ۲ مقادیر داده‌های خشک‌سالی و DSI را ارائه داده است. هم‌چنین الگوی روند شاخص DSI منطبق با الگوی روند خشک‌سالی در (شکل ۱۲) مشخص شده است، به‌طوری‌که هرگاه دوره ترسالی بوده، مقدار DSI به دنبال آن کاسته شده است و هرگاه دوره خشک‌سالی بوده، مقدار شاخص گردوخاک افزایش یافته است (۲۲).

شاخص DSI طی دوره مورد آنالیز، هم‌زمان با افزایش شدت خشک‌سالی کاهش یافته است و همبستگی آن با خشک‌سالی طی دوره ۳۰ ساله معنی‌دار نبوده است ($R=0/36$, $P_Value=0/13$), اما الگوی روند شاخص DSI منطبق با الگوی روند خشک‌سالی می‌باشد. همان‌گونه که در نمودار زیر مشخص است، همخوانی به نسبت مناسبی بین شاخص DSI و خشک‌سالی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد به‌طوری‌که هرگاه دوره ترسالی بوده، مقدار DSI به دنبال آن کاسته شده است و هرگاه دوره خشک‌سالی بوده، مقدار شاخص گردوغبار افزایش یافته است. بنابراین در بسیاری از مناطق افزایش خشک‌سالی و کاستی گردوغبار با یکدیگر همبستگی ندارند، در این صورت نقش دیگر عوامل

جدول ۲- مقادیر داده‌های خشک‌سالی و DSI

Table 2. Data amount drought and DSI.

سال	خشک‌سالی	Dsi	سال	خشک‌سالی	Dsi
۱۹۸۹	۰/۷	۳۶	۲۰۰۴	۰/۳	۳۸
۱۹۹۰	۰/۷۵	۲۸	۲۰۰۵	۰/۵۲	۲۹
۱۹۹۱	۰/۶۸	۴۴	۲۰۰۶	-۰/۱۵	۳۱/۵
۱۹۹۲	۰/۵۲	۳۴	۲۰۰۷	-۰/۱	۳۲/۵
۱۹۹۳	۰/۲۵	۳۸	۲۰۰۸	-۰/۴۹	۳۵
۱۹۹۴	-۰/۴	۳۶	۲۰۰۹	-۰/۶۵	۳۲
۱۹۹۵	۰/۴۵	۳۲	۲۰۱۰	-۰/۷	۳۵
۱۹۹۶	۱/۴۵	۳۱	۲۰۱۱	-۰/۷	۳۰
۱۹۹۷	۰/۴۵	۳۴	۲۰۱۲	-۰/۷۵	۳۱
۱۹۹۸	۰/۸۵	۴۳	۲۰۱۳	-۰/۷۲	۲۷
۱۹۹۹	-۰/۳	۳۷	۲۰۱۴	-۰/۴۵	۳۶
۲۰۰۰	-۰/۲۲	۳۵	۲۰۱۵	-۰/۳۵	۳۰
۲۰۰۱	-۰/۱	۳۵	۲۰۱۶	۰/۱۱	۳۴
۲۰۰۲	-۰/۱۲	۳۸	۲۰۱۷	۰	۳۳
۲۰۰۳	-۰/۳۵	۳۴	۲۰۱۸	۰/۲	۳۷



شکل ۱۲- رابطه همبستگی میان خشک‌سالی و شاخص DSI در استان بوشهر.

Figure 12. Correlation between drought and DSI index in Bushehr province.

پراکندگی مشخصی بین آن‌ها وجود ندارد. در این رابطه می‌توان به نتایج پژوهشی که در تالاب جازموریان انجام شد، اشاره کرد (۲۳) که نتایج مشابهی به دست آمد و بستر خشکیده تالاب در تشدید غلظت گردوغبار مؤثر بوده است. نتایج

جهت شناسایی بهتر تأثیرگذاری خشک‌سالی بر کانون‌های محلی گردوغبار به منظور ارائه راهکارهای مقابله با این پدیده، تلفیقی بین نقشه نهایی خشک‌سالی استان و نقشه نهایی کانون‌های محلی گردوغبار صورت گرفت. نتایج نشان داد که الگوی

متوسط و شدید از فراوانی وقوع بیش‌تری برخوردار است.

در بررسی روند شاخص طوفان گردوغبار (DSI) نتایج نشان داد در دوره زمانی ۳۰ ساله، در سطح استان بوشهر، روند کاهشی داشته و در سطح اطمینان ۹۵ درصد تغییرات معنی‌داری نشان داده است؛ اما معنی‌دار نبودن تغییرات در دهه اخیر (۲۰۱۸-۲۰۰۸) نشان از تأثیرات رخداد‌های مختلف و تصمیمات مقطعی در زمینه گردوغبار در منطقه دارد. این امر عمدتاً به دلیل روند توسعه طرح‌های حفاظت خاک (جنگل‌کاری، آبیاری و مراقبت، مدیریت چرا، قرق مراتع، توسعه ساخت‌وسازها و توسعه صنایع نفت و گاز) در منطقه بوده است که حجم عمده‌ای از اراضی بایر را زیرکشت برده و یا تحت طرح‌های آبخیزداری یا به سطوح انسان‌ساخت مبدل کرده است. طبیعتاً استقرار چنین طرح‌هایی در منطقه به همراه توسعه زیرساخت‌های مختلف راه را برای کاهش هرچه بیشتر کانون‌های گردوغبار محلی در منطقه فراهم کرده است. در مقابل روند توسعه در کشورهای همسایه از جمله عراق به‌گونه‌ای است که در مدتی بسیار کوتاه، کشور عراق به مهم‌ترین کانون انتشار گردوغبار در منطقه بدل شده است؛ که این امر افزایش پدیده گردوغبار را در پی دارد. گردوغبارهای ورودی به مرزهای کشور هرچند از نظر تعدد وقوع به مراتب کم‌تر از منشأهای داخلی هستند اما به‌واسطه حجم انتقال زیاد و ارتفاع بسیار بالا بخش عمده‌ای از کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این‌رو شاخص DSI با در نظر گرفتن هر دو مورد گردوغبارهای محلی و فرامحلی نمایه‌ای جامع از روند تغییرات را در منطقه به دنبال دارد که در نهایت بیانگر کاهش طوفان‌های گردوغبار در منطقه است. به‌عبارت‌دیگر شدت کاهش طوفان‌های محلی در مقابل افزایش طوفان‌های فرامحلی بیش‌تر بوده از این‌رو شاخص DSI روند کاهشی را نشان می‌دهد (۱۸).

به‌دست‌آمده از بررسی سالانه تعداد روزهای گردوغباری و سطح خشک‌تالاب گاوخونی نشان داد که اگرچه در تعدادی از ایستگاه‌های مورد مطالعه شیب افزایشی ملایمی در تعداد روزهای گردوغباری مشاهده شد ولی رابطه معنی‌داری بین این دو وجود نداشت (۴). در محدوده ایستگاه دیر که فراوانی وقوع خشک‌سالی بیش‌تر بوده و نزدیک تپه‌های ماسه‌ای قرار دارد، بالاترین مقدار شاخص DSI وجود ندارد که یک دلیل آن می‌تواند مربوط به انجام اقدامات تثبیت‌شن مانند جنگل‌کاری در طی سال‌های گذشته دانست. از طرفی در محدوده ایستگاه بوشهر که در این محدوده هم فراوانی وقوع خشک‌سالی بالا می‌باشد بالاترین مقدار شاخص DSI قرار دارد که این علی‌رغم عوامل اقلیمی می‌تواند اشاره به زمین‌های کشاورزی دیم در این محدوده داشته باشد که طی خشک‌سالی‌های اخیر بدون کشت رها شده‌اند.

نتیجه‌گیری کلی

استان بوشهر جز مناطق خشک ایران به شمار می‌آید، گرچه روند معنی‌داری در شدت خشک‌سالی برای دوره مورد مطالعه مشاهده نشده است اما فصل خشک آن شش ماه و یا حتی بیش‌تر، بدون بارندگی است و انتهای پاییز تا ابتدای بهار بارندگی غیر مداوم و کم وجود دارد. میانگین دمای سالانه طی ۳۰ سال (۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸) افزایش داشته و این گرم شدن سریع منجر به تنش‌های خشک‌سالی در این منطقه گردیده و در پی افزایش دما و افزایش تبخیر و تعرق، در نهایت منجر به افزایش هدررفت آب در سطح زمین را به دنبال داشته است. ایستگاه‌های استان بوشهر به‌طور مکرر دچار خشک‌سالی شده‌اند هم‌چنین مجموع درصد احتمال وقوع خشک‌سالی در برخی ایستگاه‌ها از مجموع درصد احتمال وقوع ترسالی بیش‌تر است. هم‌چنین خشک‌سالی ملایم نسبت به خشک‌سالی

داده‌ها و اطلاعات

داده‌های این مقاله مستخرج از سازمان هواشناسی کشور و اداره کل منابع طبیعی استان بوشهر که در طرح پایش عوامل اقلیمی مؤثر بر تشدید پدیده گردوغبار و ماسه‌های روان (فرسایش بادی) در ایران، مورد استفاده قرار گرفته است.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

تمامی نویسندگان در تمامی مراحل تهیه آن از ایده پردازی تا تجزیه و تحلیل داده‌ها و نگارش مقاله مشارکت داشته‌اند.

اصول اخلاقی

همه نویسندگان مقاله در انجام و انتشار پژوهش حاضر، رعایت اصول اخلاقی را نموده‌اند.

حمایت مالی

پژوهش حاضر ۷۰٪ حمایت مالی آن متعلق به سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور و ۳۰٪ آن از اداره منابع طبیعی استان بوشهر تأمین شده است.

شاخص DSI طی دوره مورد آنالیز هم‌زمان با افزایش شدت خشک‌سالی کاهش یافته است و همبستگی آن با خشک‌سالی طی دوره ۳۰ ساله معنی‌دار نبوده است. هم‌چنین تلفیق نقشه توزیع پراکندگی خشک‌سالی و شاخص DSI الگوی یکسانی را نشان نداده است. هم‌چنین عوامل انسانی نقش مهم‌تری در ایجاد الگوی ناهمگون پراکندگی خشک‌سالی و شاخص DSI در استان بوشهر دارد. میزان ارتباط خشک‌سالی و شاخص DSI همواره با توجه به خشک‌سالی‌ها و ترسالی‌ها، دستخوش نوسان بوده است. با این وجود پارامترهای مختلف اقلیمی با یکدیگر متفاوت هستند و میزان تأثیرگذاری آن‌ها باهم فرق دارند. علاوه بر فعالیت‌های انسانی، نقش اصلی باد در میزان گردوغبار و یا وجود یک منبع دیگر گردوغبار را باید در نظر گرفت.

تقدیر و تشکر

از سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور که به دلیل تصویب طرح و هم‌چنین همکاران محترم استانی و اداره منابع طبیعی استان بوشهر تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

1. Heshmatpour, A., Jandaghi, N., Pasand, S., and Ghareh Mahmoodlu, M. 2020. Drought effects on surface water quality in Golestan province for Irrigation Purposes, Case study: Gorganroud River, Physical Geography Quarterly, 13: 48. 75-88. (In Persian)
2. Tayyi Semirami, S., Moradi, H.R., Khodaghali, M., and Ahmadi Akhormah, M. 2013. Identifying and investigating factors affecting dust dismantling in West of Iran. Journal of Human and Environment Quarterly, 27: 1-10. (In Persian)
3. Anonymous. 2011. National plan for prevention and control of oak forests decline in the forest ecosystems. Forest Resources Office, Department of Arid and Semi-arid, Forests, Range and Watershed Management organization, 68p. (In Persian)
4. Naimi, M., Yousefi, M., Khosroshahi, M., Zandifar, S., and Ebrahimi Khosfi, Z. 2019. Investigation of the effects of climatic factors on dust, Case study: West of Khorasan Razavi province, Geographical explorations of desert areas, 7: 2. 25-45. (In Persian)

5. Ansari-Ghojjar, M., Pourgholam Amiji, M., and Iraqinejad, Sh. 2020. A study of the relationship between drought and the trend of dust storms in the west and southwest of the country, *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51: 11. 2839-2852. (In Persian)
6. Gholami, F., Mesbahzadeh, I., and Zehtabian, Gh.R. 2021. Drought study using SPEI index and its relationship with the occurrence of dust (Case study: Khuzestan province). *Journal of Rangeland and Desert Research*, 28: 1. 11-20. (In Persian)
7. Ahmadi, H., and Mohammadi, A. 2021. Combining EVI and SPI indicators for zoning of drought sensitive areas (Case study: Kurdistan province). *Remote Sensing and GIS of Iran*. 13: 2. 1-22. (In Persian)
8. Achakulwisut, L., Mickley, J., and Annenberg, S.C. 2018. Drought-sensitivity of fine dust in the US Southwest: Implications for air quality and public health under future climate change. *Environmental Research Letters*. 13: 1-12.
9. Ensafi Moghaddam, T., Khosh Akhlagh, F., Akhavan, A., Safar Rad, R., and Amir Solani, F. 2017. Monitoring and assessing the effects of dust on rainfall changes in southwestern Iran using remote sensing and GIS. *Iranian Remote Sensing and GIS Journal*, 9: 2. 79-98. (In Persian)
10. Boroughni, M., Moradi, H., Zanganeh Asadi, M.A., and Pourhashemi, S. 2019. Assessing the role of drought on the occurrence of dust in Khorasan Razavi province. *Quarterly Journal of Environmental Science and Technology*, 21: 5. 121-109. (In Persian)
11. Mesbahzadeh, T., and Alipour, N. 2018. Assessing the Impact of Drought on the Frequency of Dust Phenomena Using SPI, PNI and ZSI Indices, *Rangeland and Watershed Management (Iranian Natural Resources)*, 71: 2. 05-515. (In Persian)
12. Pishdad, S., Mubaraki, M., and Jabbari, R. 2015. Study of the relationship between drought and the number of dust days (Case study: Bandar Abbas). *International Conference on Environment and Natural Resources* <https://civilica.com/doc/551199>. (In Persian)
13. Csavina, J., Field, J., Félix, O., Corral-Avitia, A.Y., Sáez, A.E., and Betterton, E.A. 2014. Effect of wind speed and relative humidity on atmospheric dust concentrations in semi-arid climates. *Science of the Total Environment*. 487: 82-90.
14. Bushehr Statistical Yearbook, 2018. (In Persian)
15. Vicente-Serrano, S.M., Begueria, S., and Lopez moreno, J.I. 2010. A multi-scalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index-SPEI, *Journal of Climate*, 23: 7. 1696-1718.
16. Ahmadi, H. 2006. *Applied Geomorphology*. Tehran Univ. Press, 706p. (In Persian)
17. Rahi, Gh.R., Bahreyni, F., Gholamian, F., and Ahmadi, A. 2020. Monitoring of climatic factors affecting on dust & sand storm in Iran. Boushehr province. *Agricultural Reserches, Education and Extension Organization Research Institute of Forests and Rangelands*. 195p. (In Persian)
18. Asghari Podeh, Z., Shafieizadeh, M., Fakhran, S., and Gilani, A. 2015. Evaluation and zoning of spatio-temporal changes of dust storms using DSI index in Khuzestan province. *Second National Conference on Sustainable Development of Agriculture and Natural Resources Engineering. Year of International Conferences of Shahid Beheshti University*. (In Persian)
19. Ebrahimi Khosfi, Z., Vali, A., Khosrow Shahi, M., and Ghazavi, R. 2018. Investigation of the role of bed dried Gavkhooni wetland on the production of the internal dust using remote sensing and duststorms (Case study: Isfahan province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24: 1. 152-164. (In Persian)
20. Yar Moradi, Z., Nasiri, B., Karmaup, M., and Mohammadi, G.H. 2018. An analysis of the frequency of dusty days in the Middle East of Iran in relation to climate fluctuations. *Journal of Ecosystem of the Desert*, 7: 18. 1-14.

21. Ali Pur, N., Mesbah Zadeh, T., Ahmadi, H., Malekian, A., and Jafari, M. 2018. Synoptic analysis of dust dangers and its relationship with drought in Qazvin and Alborz Provinces. *Journal of Geography (Urban Planning)*, 8: 2. 25-37. (In Persian)
22. Ekhtesasi, M.R., Shakeri, F., and Soleimani Motlagh, M. 2010. Comparison and study of drought and dust occurrence Case study: Lar city, Yazd, the second national conference on wind erosion and dust storms. 5p. (In Persian)
23. Rashki, A., Kaskaoutis, D.G., and Goudie, A.S.K. 2013. Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: The case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran", *Science of the total environment*, 552. 56p.

