Zoning of Dust-Affected Areas in Kermanshah Province

Mohammad Reza Hamzehee [1]* , Mohammad Hossein Babaei [2] , abdolhamid papzan[3]

1- Assistant professor, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

(*Corresponding Author Email: babaei.m1986@gmail.com)

2- Ph. D. Student of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

3- Associate professor, Department of Agricultural Extension and Education, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah Iran

Extended Abstract

Introduction

The crisis of climate change, and especially dust phenomenon, has become more apparent in the last decade as it now involves all aspects of the society, especially farmers and villagers. The growing number of natural disasters has sounded the alarm for the agricultural community in Kermanshah province. In this province, most people are working through agriculture and the slightest change in the climate can have an immediate impact on the agricultural sector, thus leading to bigger problems such as immigration, and the country's lack of independence in meeting food needs and resolving social, economic, cultural, or even political issues. Accordingly, dust management and planning for it can be effective when we identify and classify the areas affected by dust based on the intensity and concentration of fine dust particles.

Dust phenomenon has imposed a lot of costs on the agricultural, economic, and health products of people living along the Zagros Mountain Range in recent years. Zoning of the affected areas can be a tool for planners to deal with priorities, determine an optimal land use, and provide warning systems and protection, etc. in arid and semi-arid regions, especially in the involved cities.

Although the issue of dust is an almost uncontrollable phenomenon, it is at least possible to know the time table and circulatory patterns, based on which infiltration of particulate matters from the regions occurs. The related infrastructure is ready to deal with this phenomenon. Therefore, it is necessary to identify the areas that suffer from the most damage caused by fine dust and effectively contribute to the reduction of its destructive outcomes.

Methodology

In this research, quantitative, applied, and descriptive-analytical approaches were taken in terms of paradigm, objective, and data collection, respectively. To conduct this study, 14 synoptic, complementary synoptic, and meteorological stations working through the complete and longest statistical period were selected during a common statistical period of 16 years (2002-2018). At the meteorological stations, two-digit codes were utilized to report on the atmospheric phenomena like

Hamzehee, M., Babaei, M., papzan, A. (2021). Zoning of Dust-Affected Areas in Kermanshah Province. *Geography and Environmental Planning*, 32(4), 107-134. doi: 10.22108/gep.2021.124838.1349

http://dx.doi.org/10.22108/gep.2021.124838.1349 20.1001.1.20085362.1400.32.4.6.3

precipitation type, including precipitation with thunderstorms and snowstorms, as well as the amounts of dust or sand. These codes started from 00 and continued up to 99, each of which represented an atmospheric phenomenon. Code 06 was for dust phenomenon. The frequency of this code was different from those of the other codes when filtered in Excel software, after which its annual frequency reported in each of the selected stations during the 16-year statistical period was calculated by SPSS software. In the final stage, zoning patterns were formed and the information layers were analyzed in the ArcGIS software environment.

Results and discussion

Based on the annual frequency of airborne dust storms, dust pollution in the cities of Kermanshah province fell into 3 categories: very severe, severe, and moderate. The cities of Sarpol-e-zahab, Qasr-e-Shirin, Paveh, Gilan-e-gharb, and Thalas-e-Babajani fell in the category of very severe frequency; Kermanshah, Javanroud, Ravansar, Dalahou, and Islamabad cities had a severe frequency; and Sahneh, Kangavar, Songor, and Harsin cities were categorized as having a moderate frequency. There was almost a big difference between the first category and the second and third one in terms of frequency of dust days. The reason was that the first group of stations were located in the vicinity of Iraq, Saudi Arabia, Syria, Jordan, and Kuwait, which were the sources of dust spread over the western regions of Kermanshah province. Also, the drought and lack of vegetation in these regions leading to the separation of soil particles were known as the aggravating factors contributing to the occurrence of more dust days in this group. However, the stations in the second and third districts had fewer dusty days due to being far from the mentioned dust centers.

Conclusion

The agricultural sector is one of the most important economic sectors in all developing countries, which, in addition to creating jobs for people, is responsible for producing the food needed by the members of the society. Agricultural activities can lead to independence in other aspects. Apart from all the benefits of agricultural activities for a country, it is important to consider what happens if a factor has a negative impact on them. Unfortunately, we have witnessed dust occurrence in the country, especially in the western and southwestern regions in the last decade. The effects of dust on agriculture can be a threat to the health of producers and consumers, as well as the environment and natural resources. On the other hand, most people make a living from agriculture and animal husbandry in Iran, particularly in the study area. Therefore, long-term dust would destroy people’s productive resources in the study regions and thus reduce food production and independence. In this research, we sought to conduct zoning of the areas affected by dust phenomenon in Kermanshah Province. This way, we could identify areas undergoing the most damage from dust. Eradicating the causes and factors leading to severe damages triggered by dust phenomenon can be the basis for policy-makers and developers of appropriate programs to prevent natural and priority crises and deal with them in strategic decision-making and planning. The results revealed that the cities in the western and eastern regions of Kermanshah province had the highest and lowest frequencies of dust occurrence during the last 16 years, respectively.

Keywords: fine dust particles, dust zoning, climate disaster, Kermanshah

References:

- Achudume, A.C., Oladipo, B.O., (2009). **Effects of Dust Storm on Health in the Nigerian**, Environment Biology and Medicine, Vol. 1 (4).
- Al- Faraji, Fadahi, (2001). **Ating Desertification in Iraq**, Desestification Control Bulletin.
- Brown, P.R., Nelson, R., Jacobs, B., Kokic, P., Tracey, J., Ahmed, M., DeVoil, P., (2010). **Enabling natural resource managers to self-assess their adaptive capacity**, Agricultural Systems, 103 (8), 562-568.
- Chen, Y.S., Sheen, P.C., Chen, E.R., Liu, Y.K., Wu, T.N., Yang, C.Y., (2004). **Effects of Asian dust storm events on daily mortality in Taipeh**, Taiwan, Environment Research, 95, 151-155.
- Christopher, S.A., Jones, Th.A., (2010). **Satellite and Surface-based Remote Sensing of Saharan Dust Aerosols**, Remote Sens, Environ, 114 (5).
- Darwish, M., (2012). **The Dust; made it from a geographical reality to a human disaster**, Malayer: First conference on dry areas.
- Delpisheh, A., (2010). **Dust Phenomenon and Health**, Clinical Epidemiology, Ilam University of Medical Sciences.
- Ebadat, V., (2010). **Dust Explosion Hazard Assessment**, J. Loss Prevent. Proc. 23 (6).
- Englestadler, S., (2001). **Dust Storm Frequehcies and their Relationship to Land Surface Conditions**, Fridrich-Schiller University, Jena
- Englestadter, S., Tegen, I., Washington, R., (2006). **North African Dust Emissions and Transport**, Earth-Science Reviews, 79 (1-2).
- Fattahi, E., Noohi, k., Shiravand, H., (2012). **Study of Synoptical Patternns of Dust Storms at South West Region of Iran**, Desert 17, 49-55, Online at http://jdesert.ut.ac.ir.
- Goudie, A.S., Middleton, N.J., (2006). **Desert Dust in the Global System**, Springer, Germany.
- Griffin, D.W., (2007). **Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health**, Clinical Microbiology Reviews, 20 (3), 459-477.
- Griffin, D.W., Garrison, V.H., Herman, J.R., Shinn, E.A., (2003). **African desert dust in the Caribbean atmosphere: microbiology and public health**, Aerobiologia, 17: 203-213.
- Hua, N.P., Kobayashi, F., Iwasaka, Y., Shi, G.Y., Naganuma, T., (2007). **Detailed identification of desert-originated bacteria carried by Asian dust storms to Japan**, Aerobiologia, 23 (4), 291-8.
- Kaskaoutis, D.G., Kambezidis, H.D., Nastos, P.T., Kosmopoulos, P.G., (2008). **Study on an Intense Dust Storm over Greece**, Atmos, Environ, 42 (29).
- Kellogg, C.A., Griffin, D.W., Garrison, V. H., Peak, H. K., Royall, N., Smith, R.M., Shinn, E.A., (2004). **Characterization of aerosolized bacteria and fungi from desert dust events in Mali: West Africa**, Aerobiologia, 20, 99-110.
- Krueger, B.J., Grassian, V.H., Cowin, J.P., Laskin, A., (2004). **Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy**, Atmospheric Environment, 38 (36), 6253- 61.
- Lin, G., (2002). **Dust Bowl in the 1930 and Sand Storm in 1999 in the USA**, Global Alarm: Dust and Sand Storms from the Word Drylands, United Nations.
- Meng, Z., Zhang, Q., (2007). **Damage effects of dust storm PM2.5 on DNA in alveolar**

Hamzehee, M., Babaei, M., papzan, A. (2021). Zoning of Dust-Affected Areas in Kermanshah Province. *Geography and Environmental Planning*, 32(4), 107-134. doi: 10.22108/gep.2021.124838.1349

http://dx.doi.org/10.22108/gep.2021.124838.1349 20.1001.1.20085362.1400.32.4.6.3

macrophages and lung cells of rats, Food and Chemical Toxicology, 45, 1368-1374.
- Mckwnzie, E., Prasad, B., Kaloumaria, A., (2005). **Economic Impact of Natural Disaster on Development in the Pacific. Economic Assessment Tools**, University of the South Pacific (USP), Vol. 2.
- Narayan, P.K., (2003). **Macroeconomic Impact of Natural Disasters on a Small Island Economic**, Evidence from a CGE Model, Applied Economics Letters, 10, 721-723.
- Noy, I., (2006). **The Macroeconomic Costs of Natural Disaster**, Preliminary Text, Department of Economic, University of Hawaii.
- Prospero, J.M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.E., Gill, T.E., (2002). **Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 total ozone mapping spectrometer absorbing aerosol product**, Rev. Geophys, 40, 2-31.
- Stefanski, R., Sivakumar, M.V.K., (2006). **Impacts of Sand and Dust Storms on Agriculture and Potential Agricultural Applications of a SDSWS, WMO/GEO ExpertMeetingonan International Sandand Dust Storm Warning System IOP Publishing**, IOP Conf. Series: Earthand Environmental Science, 012016doi:10.1088/1755-1307/7/1/012016.
- Washington, R., Todd, M., Middleton, N.J., Goudie, A.S., (2003). **Dust Storm Source Areas Determined by the Total Ozone Monitoring Spectrometer and Surface Observations**, Ann. Assoc. Am. Geogr, 93 (2).
- Xuan, J., Sokolik, I.N., Hao, J., Guo, F., Mao, H., Yang, G., (2004). **Identification and Characterization of Sources of Atmospheric Mineral Dust in East Asia**, Atmospheric Environment, 38 (36).
- Yang, H., Ye, B., Ji, X., (2003). **Concentration and chemical composition of PM2.5 in Shanghai for a 1-year period**, Atmospheric Environment, 37 (4), 449-510.
- Zhao, L., Zhao, S., (2006). **Diagnosis and Simulation of Rapidly Developing Cyclone Related to a Severe Dust Storm in East Asia**, Global Planet, Change, 52.

جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی
سال ۳۲، پیاپی ۸٤، شماره ٤، زمستان۱٤۰۰، ص ۱۳٤– ۱۰۷
وصـول: ۱۳۹۹/٦/۲٤ پـذیرش: ۱٤۰۰/٥/٤

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی مناطق متأثر از ریزگردها در استان کرمانشاه

محمدرضا همزه‌ای [*]، استادیار گروه ترویج و آموزش دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
babaei.m1986@gmail.com
محمدحسین بابایی، دانشجوی دکتری گروه ترویج و آموزش دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
babaei.m1986@yahoo.com
عبدالحمید پاپ‌زن، دانشیار گروه ترویج و آموزش دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
papzanabdolhamid89@gmail.com

چکیده

روند رو به افزایش پدیدهٔ ریزگردها در سال‌های اخیر، توجه جوامع جهانی را به خود جلب کرده است. کاهش خسارت احتمالی ریزگردها در آینده مستلزم شناسایی و پهنه‌بندی دقیق مناطقی است که از ریزگردها تأثیر می‌پذیرند. برای انجام این پژوهش، آمار روزانهٔ گرد و غبار با کد ۰٦ مربوط به ۱٤ ایستگاه هواشناسی سراسر استان کرمانشاه طی دورهٔ آماری ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷ از ادارهٔ کل هواشناسی استان کرمانشاه دریافت و به‌صورت روزانه، ماهیانه و سالیانه در محیط نرم‌افزارهای Excel و SPSS تحلیل و محاسبه شد؛ سپس نقشهٔ پهنه‌بندی و لایه‌های اطلاعاتی آن برای کل دوره در محیط نرم‌افزاری Arc GIS ترسیم شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد شهرستان‌های نوار غربی استان کرمانشاه یعنی سرپل ذهاب، قصر شیرین، پاوه، گیلان‌غرب و ثلاث باباجانی به ترتیب با مجموع ۱۳۳۳، ۱۳۰۱، ۱۱۰۳، ۱۰٤۷ و ۱۰۰۱ روز در سال، بیشترین فراوانی گرد و غبار و سنقر و هرسین با ٥٤٤ و ٥۳۲ روز در سال، کمترین فراوانی گرد و غبار را دارند. درمجموع و طی بازهٔ ۱٦ساله، ۱۲۱٦۳ روز همراه با گرد و غبار در شهرستان‌های استان کرمانشاه مشاهده شده و هر شهرستان به‌طور میانگین دست‌کم ٤۸/۲ روز در سال با گرد و غبار مواجه بوده است. پهنه‌بندی گرد و غبار برای ایستگاههای مطالعه‌شده نشان داد ازنظر فراوانی سالیانهٔ طوفان‌های گرد و غبار معلق در هوا، این ایستگاهها در سه دستهٔ خیلی شدید، شدید و متوسط قرار می‌گیرند. در دستهٔ خیلی شدید شهرستان‌های سرپل ذهاب، قصر شیرین، پاوه، گیلان‌غرب و ثلاث باباجانی قرار می‌گیرند. در دستهٔ شدید شهرستان‌های کرمانشاه، جوانرود، روانسر، دالاهو و اسلام‌آباد قرار دارند و در دستهٔ متوسط شهرستان‌های صحنه، کنگاور، سنقر و هرسین قرار می‌گیرند. باید این واقعیت را بپذیریم که ما همچنان پدیدهٔ گرد و غبار را تجربه خواهیم کرد و فقط زمانی این پدیده کاهش خواهد یافت که زمین دوباره رطوبت مناسب جذب کند و بارندگی مؤثری در بخش‌های غربی خاورمیانه ازجمله عراق، عربستان، کویت و ایران روی دهد و هورالعظیم دوباره همانند گذشته پرآب و کار کاشتن درختان (کمربند سبز) هرچه سریع‌تر آغاز شود؛ زیرا هر هکتار جنگل تا ٦۸ تن گرد و خاک را جذب می‌کند؛ از سویی وجود جنگل‌های دست‌کاشت در مناطق بیابانی نیز موجب تثبیت شن‌های روان، ایجاد تعادل اکولوژیکی و حفاظت از منابع آب و خاک مناطق زیر پوشش می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ریزگرد، گرد و غبار، پهنه‌بندی، بلایای اقلیمی و کرمانشاه

---

*نویسنده مسؤول

http://dx.doi.org/10.22108/gep.2021.124838.1349 20.1001.1.20085362.1400.32.4.6.3

مقدمه

روند افزایش پدیدهٔ ریزگردها[1] در سال‌های اخیر، توجه جوامع جهانی را به خود جلب کرده است. بروز پدیدهٔ ریزگردها همه‌ساله خسارات زیادی را به محیط و سلامت انسان‌ها وارد می‌کند و این پدیده یکی از مشکلات جدی زیست‌محیطی در جهان امروز به شمار می‌آید (ملکی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲؛ Prospero et al., 2002: 31؛ Griffin et al., 2003: 205)؛ تا آنجا که یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی و جوّی محسوب می‌شود (Stefanski & Sivakumar, 2006: 1).

ریزگردهای اتمسفری در زمان وقوع بادهایی با سرعت بیش از ۱۵ متر بر ثانیه ایجاد می‌شوند (قربانیان، ۱۳۹٤: ۲۷۰) که علاوه بر کاهش کیفیت هوا (Meng & Zhang, 2007: 1370)، مانع از نفوذ نور خورشید (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۹٦؛ Yang et al., 2003: 451) و سبب کاهش اشعهٔ ماوراء بنفش خورشید می‌شوند (شهبازی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۹٦)؛ همچنین این پدیده به تغییر اقلیم در مقیاس جهانی و محلی، تغییر در چرخهٔ بیولوژیک، زمین‌شناسی شیمیایی یا محیط‌زیست انسان منجر می‌شود و ذرات معدنی موجود در ریزگردها بر تشکیل ابر، خصوصیات ابر و میزان نزولات جوّی اثر می‌گذارند (کرمانشاه، ۱۳۹۰: ۲؛ بابایی، ۱۳۹۱: ۵۸؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲؛ Krueger et al., 2004: 6255; Washington et al., 2003: 297). مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد طوفان‌های ریزگردی باعث افزایش ۷/۱٪ مرگ و میر می‌شود (Hua et al., 2007: 293). ذرات حمل‌شده با این طوفان‌ها با نشستن روی پوست و همچنین با ورود به مجاری تنفسی به آنها آسیب وارد می‌کند (Goudie & Middleton, 2006: 2) و سبب ایجاد بیماری‌های تنفسی، التهابات ریوی و آسم در افراد مناطق آلوده می‌شود (بابایی، ۱۳۹۱: ۵). ریزگردها ممکن است ارگانیسم‌ها را نیز به آلودگی قارچی و باکتریایی مبتلا کند (ملکی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲؛ Kellogg et al., 2004: 102) و همچنین سبب بروز خساراتی مانند تعطیلی ادارات، مدارس و ارگان‌های مختلف، خسارت به جریان حمل‌ونقل هوایی و درنتیجه بروز خسارات سنگین اقتصادی و در پی آن ایجاد مشکلات مختلف اجتماعی ازجمله افزایش تنش‌های روحی و سوانح ترافیکی شود (خسروی، ۱۳۸۹: ٤).

در این میان شدت آسیب‌های واردشده به بخش کشاورزی و مشاغل مرتبط با آن اهمیت زیادی دارد؛ این طوفان‌ها تأثیرات متفاوتی بر محصولات کشاورزی دارند (پوردیهیمی و بینا، ۱۳۹۳: ٤۲)؛ ازجمله کاهش عملکرد محصولات کشاورزی، باغی و دامی (ملکی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲؛ پوردیهیمی و بینا، ۱۳۹۳: ٤۲)، گسترش آفات و بیماری‌های گیاهی و کاهش تولیدات کشاورزی به میزان ۵ تا ۳۰ درصد (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۰: ۱۸؛ بابایی، ۱۳۹۱: ۵؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲؛ پوردیهیمی و بینا، ۱۳۹۳: ٤۲؛ خیراللهی، ۱۳۹۳: ٤). فرسایش خاک و از بین رفتن مواد آلی آن، کاهش میزان بهره‌وری در محصولات کشاورزی و تحمیل خسارت به محصولات دامی، باعث از بین رفتن اقتصاد مناطق روستایی می‌شود (ملکی و همکاران، ۱۳۹۲: ۲؛ پوردیهیمی و بینا، ۱۳۹۳: ٤۲؛ Englestadter et al., 2006: 76). این امر مؤید این مطلب است که مناطق روستایی نسبت به مناطق شهری بیشتر در معرض عوارض ناشی

1. Dust

از پدیدهٔ ریزگردها قرار دارند. علاوه بر تأثیر غیرمستقیم ذرات ریزگردها بر کاهش قدرت دفاعی گیاهان، نتایج پژوهش‌ها حاکی از تأثیر مستقیم این ذرات بر بیماری‌زایی گیاهان (Griffin, 2007: 470) و گسترش بیماری‌های گیاهی در بین قاره‌هاست (Brown et al., 2010: 153; Chen et al., 2004: 565). ریزگردها با فروآمدن روی برگ درختان مانع از تنفس آنها می‌شوند که این امر به خشکی و مرگ تدریجی گیاهان می‌انجامد. ذرات گرد و غبار عامل انتقال انواع بیماری‌ها هستند و حیوانات با خوردن گیاه و برگ درخت آلوده، گرفتار بیماری‌های متعددی می‌شوند (ملکی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳).

ورود ریزگردها خسارات فراوانی را علاوه بر مسائل بهداشتی روستاییان، به اقتصاد زنبورداری وارد کرده است. از آثار این پدیده بر پرورش زنبور عسل، کمبود شهد، کمبود گرده، اخلال در جفت‌گیری‌های ملکه و مشکلات گرده‌افشانی است؛ همچنین بر اثر آلودگی هوا، میزان تولید کلنی‌های زنبور عسل نسبت به سال‌های بدون آلودگی کاهش یافته است؛ به‌علاوه همراه‌بودن پدیدهٔ ریزگردها با وزش باد، بزرگ‌ترین آفت برای زنبور عسل است (بابایی، ۱۳۹۱: ۱۱٤). طوفان‌های ریزگرد عمدتاً در بهار (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹: ٤٦) و تابستان رخ می‌دهد که همزمان با آغاز فعالیت کلنی‌های زنبور عسل است (آروین و همکاران، ۱۳۹۲: ۹٦)؛ (جدول ۱).

براساس آمار و اطلاعات موجود، هنگام وقوع طوفان‌های ریزگرد بیش از ۸۰ درصد از استان‌های کشور متأثر از این پدیده‌اند؛ به‌طوری‌که تعداد استان‌های متأثر، از سه استان در سال ۱۳۸۳ به ۲۵ استان در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است (خیراللهی، ۱۳۹۳: ۳)؛ به بیان دیگر وجود طوفان‌های ریزگرد در مناطق جنوب، جنوب غرب و غرب ایران موضوع تازه‌ای است که طی چند سال اخیر بر کشور تأثیر گذاشته و هزینه‌های بسیاری (کشاورزی، اقتصاد، سلامت و...) را به‌ویژه بر اهالی زاگرس تحمیل کرده است (بابایی، ۱۳۹۱: ۳). پنج استان کرمانشاه، خوزستان، ایلام، کردستان و لرستان به‌صورت مستقیم در معرض این طوفان‌ها بوده‌اند. در این میان، استان کرمانشاه به دلیل هم‌جواری با کشور عراق در کانون اصلی آسیب این عامل زیان‌بار قرار گرفته و متحمل آثار زیان‌بار فراوانی شده است. با حاکمیت شرایط خشکسالی در سال‌های اخیر وقوع این پدیده شدت و تداوم بیشتری داشته است.

جدول ۱. آثار ریزگردها

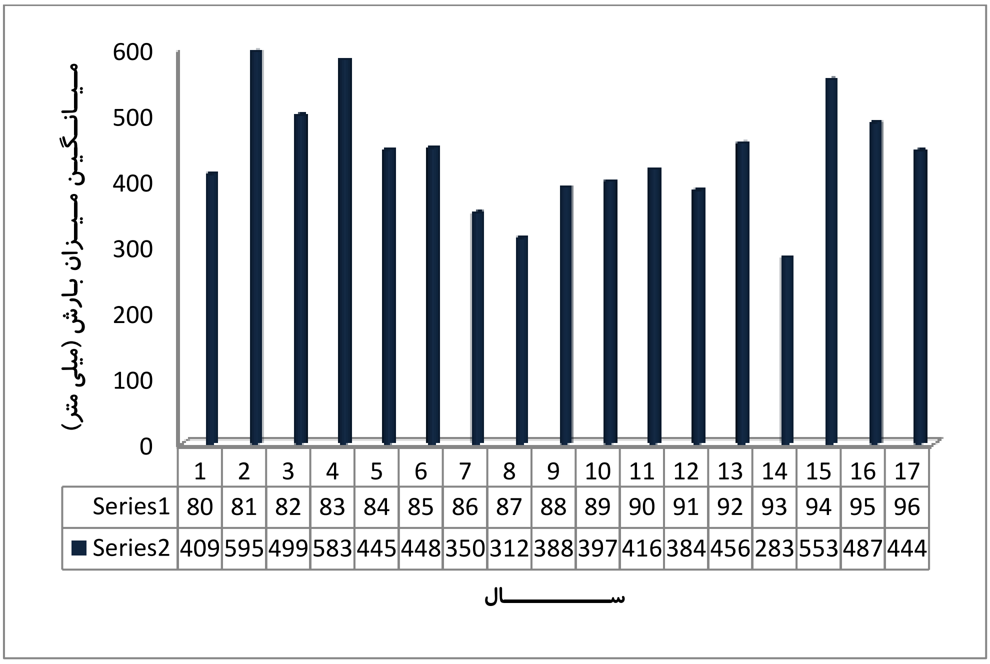
Table 1. Effects of dust

پژوهشگر	سال	نتایج
ذوالفقاری و همکاران	۱۳۹۰	کاهش عملکرد محصولات کشاورزی، باغی و دامی
بابایی	۱۳۹۱	گسترش آفات و بیماری‌های گیاهی
ملکی و همکاران	۱۳۹۲	کاهش تولیدات کشاورزی به میزان ۵ تا ۳۰ درصد
پوردیهیمی و بینا	۱۳۹۳	فرسایش خاک و از بین رفتن مواد آلی خاک
خیراللهی	۱۳۹۳	کاهش میزان بهره‌وری در محصولات کشاورزی
Englestadter et al.	۲۰۰۶	از بین رفتن اقتصاد مناطق روستایی
Chen et al.	۲۰۰۴	کاهش قدرت دفاعی گیاهان
Brown et al.	۲۰۱۰	بیماری‌زایی گیاهان
Griffin	۲۰۰۷	گسترش آفات و بیماری‌های گیاهی
حیدری	۱۳۹۰	۳۵ درصد خسارت محصولات تولیدی زنبورستان‌ها
آروین و همکاران	۱۳۹۲	۵ درصد خسارت به تولیدات آبزیان (معادل ۱۲۰ تن)
		خسارت به جریان حمل‌ونقل هوایی
		اختلال در رفت‌وآمد و افزایش تصادفات
شاهسونی و همکاران	۱۳۸۹	تعطیلی اداره‌ها، مدارس و ارگان‌های دولتی
خسروی	۱۳۸۹	آسیب به اقتصاد ملی
حسنی اصفهانی	۱۳۹۰	خسارت هر یک روز تعطیلی خسارتی بیش از ۱۳٤ میلیارد ریال
خالدی	۱۳۹۲	تأثیرگذار بر اشتغال ٤۸۸۰۳۷ نفر
		افزایش ۷۰درصدی مراجعات بیماران ریوی به مراکز
		برآورد خسارات سالیانه، بیش از ٤ هزار میلیارد تومان
خسروی	۱۳۸۹	ایجاد مشکلات مختلف اجتماعی و افزایش تنش‌های روحی

توجه به پدیدهٔ ریزگردها از چندین جنبه حائز اهمیت است؛ اول آنکه در ۱۵ سال اخیر ما شاهد دو موج عمیق خشکسالی بوده‌ایم؛ خشکسالی مهر ۷٦ تا مهر ۸۱، و خشکسالی مهر ۸٦ که تا به حال ادامه داشته است. در موج اول خشکسالی منابع آبی و پیرو آن رویش‌های گیاهی و طبیعی منطقه آسیب دید؛ اما متأسفانه در دورهٔ زمانی ۸۱ تا ۸۵ بارش‌ها بیشتر در حد نرمال و حتی کمتر از نرمال بود؛ بنابراین طبیعت امکان احیای دوباره را نیافت و خشکسالی بسیار عمیق (۸٦ تا ۸۷) از راه رسید. پاییز بدون باران ۸٦ و بهار بی‌باران‌تر ۸۷، سامانه‌های طبیعی خاورمیانه را عملاً متوقف کرد. بارش شهر کرمانشاه در کل سال زراعی (۸٦ تا ۸۷) فقط ۱۵۰ میلی‌متر بود، اما ارزیابی عواقب این خشکسالی فقط به ارزیابی خسارات مستقیم آن ازجمله میزان کاهش محصولات کشاورزی و منابع آبی محدود شد. عواقب بلندمدت این توقف سامانه‌های طبیعی منطقه ارزیابی نشد و امروز ما با یکی از عواقب مهیب آن مواجه شده‌ایم؛ گرد و خاک‌های غلیظ که در مقوله‌های مربوط به غبار و طوفان گرد و خاک هم نمی‌گنجد (ادارهٔ کل هواشناسی استان کرمانشاه، ۱۳۹۷).

در شکل ۱، میانگین میزان بارش ۱٦ سال گذشتهٔ استان کرمانشاه مشاهده می‌شود. با توجه به آمارهای موجود و کمبود بارش‌های مشاهده‌شده در چند سال اخیر، درمی‌یابیم که دوباره با پدیدهٔ ریزگردها مواجه خواهیم شد. پس باید

به فکر راهکاری بود تا بتوان آثار این پدیده را که چند سالی است بر استان حاکم شده، کاهش داد.



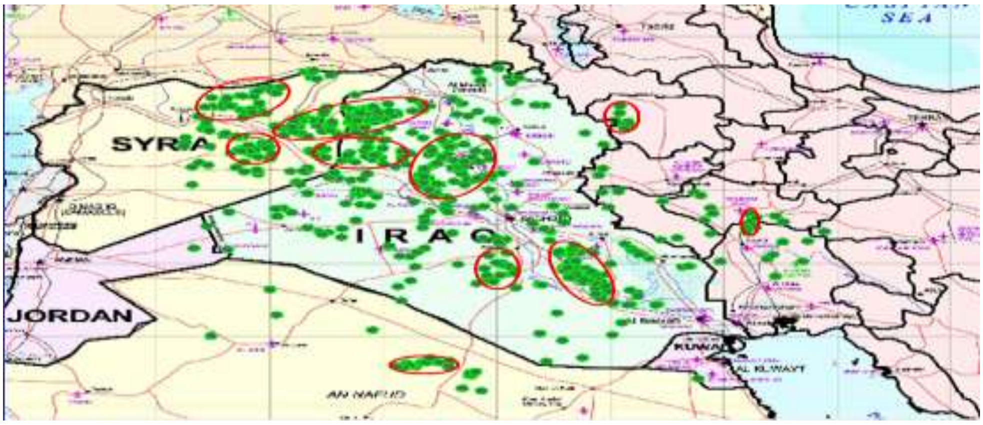
شکل ۱. میانگین میزان بارش استان کرمانشاه در ١٦ سال گذشته (ادارهٔ کل هواشناسی استان کرمانشاه، ۱۳۹۷)

Figure 1. Average of rainfall in Kermanshah province in the last 16 years (Kermanshah Meteorological Department, 2018)

دوم آنکه از سال ١٣٦٨ به بعد، منابع تولید ریزگردها در جهان افزایش چشمگیری داشته است (شکل‌های ۲ و ۳). براساس پژوهش‌ها و بررسی‌های (1988 -1984) Wilkerson دربارهٔ آخرین منشأ طوفان‌های مناطق غرب و جنوب غرب ایران در بین سال‌های ١٣٦٣ تا ١٣٦٧، پراکنش مکانی و منشأ ریزگردها نشان داد در سال ١٣٦٨ حدود ١٤ کانون منفرد تعیین شده است؛ در حالی که تعداد این مکان‌ها در سال ١٣٨٧ به بیش از ۵۰ منشأ افزایش یافته است و پیش‌بینی می‌شود در آینده نیز تعداد آنها افزایش یابد. این امر به کاهش نزولات جوّی، کاهش رطوبت، افزایش دما و همچنین گسترش بیابان‌ها برمی‌گردد (بوچانی و فاضلی، ۱۳۹۰: ۱۳۰).

شکل ۲. پراکنش مکانی چشمه‌ها و منشأ طوفان‌های ریزگرد پیش از سال ١٣٦٨ (درویش، ۲۰۱۲: ۳)

Figure 2. Spatial distribution of springs and the origin of dust storms before 1989 (Darvish, 2012: 3)



شکل ۳. پراکنش مکانی چشمه‌ها و منشأ طوفان‌های ریزگرد سال ۱۳۸۷ (درویش، ۲۰۱۲: ۳)

Figure 3. Spatial distribution of springs and the origin of dust storms in 2008 (Darvish, 2012: 3)

بحران تغییرات اقلیمی به‌ویژه پدیدهٔ ریزگردها در یک دههٔ اخیر بیش از پیش خود را نشان داده است؛ به‌طوری‌که هم‌اکنون بر تمام جوانب زندگی افراد جامعه به‌ویژه کشاورزان و روستاییان تأثیر گذاشته است. شمار روزافزون بلایای طبیعی موجب به‌صدادرآمدن زنگ خطر برای جامعهٔ کشاورزی در استان کرمانشاه شده است؛ زیرا در این استان بیشتر مردم با کشاورزی روزگار خود را می‌گذرانند و کوچک‌ترین تغییری در شرایط آب‌وهوایی این استان تأثیر آنی بر بخش کشاورزی دارد و زمینه‌ساز بروز مشکلات بزرگ‌تر مانند مهاجرت و استقلال‌نداشتن کشور در تأمین مایحتاج مواد غذایی و مشکلات اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی یا حتی سیاسی می‌شود؛ بر این اساس برنامه‌ریزی و مدیریت در حوزهٔ ریزگردها زمانی کارآمد است که مناطق متأثر از آنها را براساس شدت و غلظت ریزگردها شناسایی و دسته‌بندی کنیم؛ زیرا گرد و غبار در سال‌های اخیر هزینه‌های زیادی را به محصولات کشاورزی، اقتصاد و سلامت اهالی زاگرس تحمیل کرده است. پهنه‌بندی مناطق متأثر از پدیدهٔ ریزگردها می‌تواند به‌مثابهٔ ابزاری برای برنامه‌ریزان مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌ویژه شهرهای این مناطق درزمینهٔ اولویت‌بندی‌ها، تعیین کاربری مطلوب اراضی، سیستم‌های حفاظتی و هشدار و... استفاده شود. هرچند که ریزگردها پدیده‌ای تقریباً غیرقابل کنترل است، دست‌کم می‌توان با شناخت جدول زمانی و الگوهای گردشی که ریزگردها در قالب آنها به منطقه نفوذ می‌کنند، زیرساخت‌های لازم را برای مقابله و سازگاری با این پدیده آماده کرد.

باید به این نکته توجه شود که آثار اشاره‌شدهٔ گرد و غبار، آثار احتمالی هستند؛ به این معنا که ممکن است در بعضی کشورها (با توجه به ساختار اقتصادی، نوع و شدت بحران) آثار این‌گونه نباشد؛ برای نمونه اگر کشوری زیرساخت و نهادهایی قوی (مانند شرکت‌های بیمه‌ای، سیستم‌های اطلاع‌رسانی دقیق، سازمان‌های مدیریت پیش از بحران) یا سرمایهٔ انسانی خوبی داشته باشد، مدیران و برنامه‌ریزان آن کشور می‌توانند هنگام وقوع بلایای طبیعی از واردآمدن خسارات به سرمایهٔ فیزیکی یا سرریزشدن آثار آن به تولید ناخالص داخلی جلوگیری کنند؛ از سوی دیگر اگر اندازه و شدت بلای طبیعی نسبت به اقتصاد کوچک باشد، تأثیر زیادی بر تولید ناخالص داخلی ندارد (صادقی و امام‌قلی‌پور، ۱۳۸۷: ۱۱۸؛ Mckenzie et al., 2005: 17).

نکتهٔ جالب توجه اینکه وقوع این حوادث در کشورهایی با تراکم جمعیتی زیاد و دارای درآمد متوسط در مقایسه با کشورهای پیشرفته و کم‌جمعیت‌تر، خسارات و تلفات به مراتب بیشتری را به بار آورده است؛ برای نمونه در حادثهٔ وحشتناک گردباد نارجیس (میانمار) در سال ۲۰۰۸، مسلماً در صورت وجود سیستم‌های اطلاع‌رسانی کارآمد پیش از وقوع طوفان، تعداد تلفات جانی و صدمات مالی به مراتب کمتر می‌بود (دولتشاهی پیروز و طهماسبی آشتیانی، ۱۳۸۹: ۳۲۱)؛ پس وجود زیرساخت‌های مناسب در اینجاست که اهمیت می‌یابد.

با توجه به اینکه بیش از نیمی از جمعیت استان کرمانشاه در روستاها ساکن هستند و با کشاورزی امرار معاش می‌کنند و با توجه به آثار زیان‌بار ریزگردها بر بخش کشاورزی، پدیدهٔ ریزگردها زندگی در روستاها را بیشتر به مخاطره می‌اندازد و آسیب‌های بیشتری را به این قشر تحمیل می‌کند؛ پس این نواحی همواره در معرض آسیب‌های ناشی از طوفان‌های ریزگرد قرار دارند. برای کاهش میزان خسارات، بررسی و تدوین سیاست‌های درست در این زمینه و داشتن دیدی جامع‌تر از وضعیت منطقه به‌منظور تدوین برنامه‌های منطقی و همچنین تخصیص بهینهٔ اعتبارات به مناطق روستایی و فراهم‌سازی و اولویت‌بندی منابع محدود به‌صورت واقعی و علمی، ضروری است کشاورزان و مناطق آسیب‌پذیر دربرابر ریزگردها شناسایی شوند تا با توجه به وضعیت هر منطقه، اقدامات لازم برای کاهش پیامدهای گرد و غبار صورت گیرد و منابع هدر نرود.

پیشینهٔ پژوهش

پژوهش‌های دانشمندان دربارهٔ رسوبات کف اقیانوس‌ها نشان می‌دهد سابقهٔ بروز طوفان‌های گرد و غبار به ۷۰ میلیون سال پیش (پیش از دورهٔ کرتاسهٔ زمین‌شناسی) در کرهٔ زمین می‌رسد؛ اما پدیدهٔ غبار غلیظ با دید کمتر از ۵۰۰ متر در غرب و شمال غرب کشور پدیده‌ای جدید و نوظهور است و به یک دههٔ اخیر مربوط می‌شود. پدیدهٔ گرد و غبار، یکی از فرایندهای بادی، از مسائل اساسی و مشکل‌آفرین این مناطق است. این پدیده در دوره‌های گرم سال (فصول بهار و تابستان) به علت کمبود بارش و نبود رطوبت بین ذرات خاک که عامل مهم در چسبندگی ذرات خاک است، بیشتر روی می‌دهد. شدت این پدیده گاهی به علت مناسب‌بودن شرایط محیطی و زیادبودن سرعت باد به اندازه‌ای است که حجم بسیار زیادی از ذرات گرد و خاک تا ارتفاع زیادی از تروپوسفر بلند می‌شود و پس از طی مسافتی بسیار طولانی بر مناطق وسیعی تأثیر می‌گذارد و خسارات جبران‌ناپذیری به بار می‌آورد (ندافی، ۱۳۸۸: ۳۰۱۵).

طوفان‌های گرد و خاک و ماسه‌ای در مناطق مختلف تعاریف گوناگونی دارد؛ زیرا این پدیده در مکان‌های گوناگون و در شرایط مختلفی به وجود می‌آید. براساس توافق سازمان هواشناسی جهانی، هرگاه در ایستگاهی سرعت باد از ۱۵ متر بر ثانیه تجاوز کند و دید افقی به علت گرد و غبار به کمتر از یک کیلومتر برسد، طوفان خاک گزارش می‌شود. در طوفان خاک ذرات معلق و ریز هستند و جریان‌های رو به بالا این ذرات را به‌صورت معلق در هوا نگه می‌دارند (بحیرایی و همکاران، ۱۳۹۰: ٤٨). نکتهٔ مهمی که باید در نظر گرفته شود، چگونگی شکل‌گیری و دلایل گسترش روزافزون ریزگردهاست. در ادامه توضیحاتی در این زمینه ارائه شده است.

گرد و غبار چگونه به وجود می‌آید؟

با تحلیل سینوپتیکی[1] امواج گرد و غبار در غرب ایران مشخص شد که علت وقوع پدیدهٔ گرد و غبار منطقه‌ای، عمدتاً جریان‌های منطقه‌ای با منشأ خارجی است (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸٤: ۱۸۲؛ عبدی‌نژاد، ۱۳۸۹: ٤۲)؛ همچنین وجود پرفشار آزور[2] همراه با سیستم‌های مهاجر بادهای غربی و سیکلون‌های[3] بسته روی عراق و شمال عربستان، عامل اصلی ایجاد گرد و غبار در استان کرمانشاه است (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸٤: ۱۸٦؛ حیدری، ۱۳۹۰: ٤ و بابایی و همکاران، ۱۳۹۷ الف: ۱۱۳۹). براساس الگوهای سینوپتیکی عوامل ایجاد گرد و غبار عبارت‌اند از:

۱. استقرار سامانهٔ کم‌فشار حرارتی روی شبه‌جزیرهٔ عربستان و فعالیت آن و گسترش سامانه روی عراق و جنوب ایران؛

۲. استقرار سامانهٔ پرفشار روی مدیترانه، همراه با گرادیان شدید فشار و گسترش آن به سمت شرق؛

۳. وجود سامانهٔ ناوه‌ای در ترازهای میانی جوّ، به‌طوری‌که دامنهٔ آن بر کشورهای اردن، سوریه و شمال عراق تأثیر می‌گذارد؛

٤. وجود مراکز پرارتفاع جنب حاره‌ای در عرض ۲۰ تا ۲۵ درجهٔ شمالی و طول ۲۰ تا ٤۰ درجهٔ شرقی و گسترش زبانه‌های پرارتفاع به سمت جنوب غرب و غرب ایران (Fattahi et al., 2012: 51).

از مهم‌ترین شرایط ایجاد گرد و غبار در کنار هوای ناپایدار، وجود یا نبود رطوبت است؛ به‌طوری‌که اگر هوای ناپایدار رطوبت کافی داشته باشد، بارش و طوفان رعد و برق، و اگر فاقد رطوبت باشد، طوفان گرد و غبار ایجاد می‌کند. فراوانی ذرات گرد و غبار در جوّ علاوه بر شدت، سرعت باد و خشکی ذرات خاک، به قطر ذرات نیز بستگی دارد. نوع و تراکم پوشش گیاهی نیز در شدت وقوع گرد و غبار نقش مؤثری دارد (ذوالفقاری و عابدزاده، ۱۳۸٤: ۱۷٤؛ شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹: ٤٦؛ عبدی‌نژاد، ۱۳۸۹: ٤۲؛ بحیرایی و همکاران، ۱۳۹۰: ٤۸؛ Englestadler, 2001: 2).

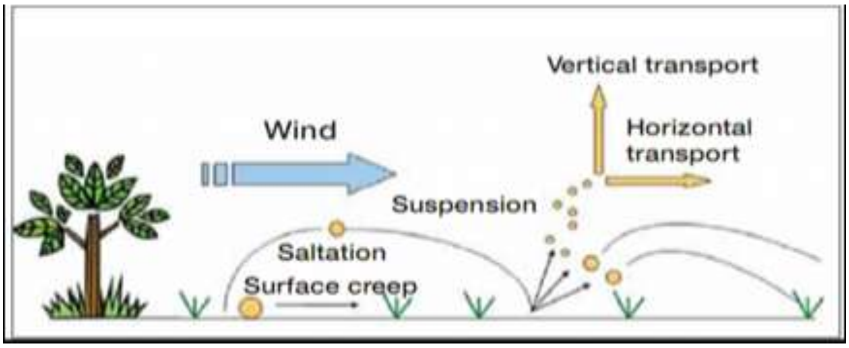
کاهش شدید میزان بارندگی در منطقه، خشک‌شدن قسمت‌های زیادی از تالاب‌های مسیر جریان باد ازجمله هورالعظیم و کم‌شدن و تغییر مسیر رودخانه‌های دجله و فرات که به مرور زمان تغییر اکوسیستم را در پی خواهد داشت، از عواملی هستند که در وقوع پدیدهٔ گرد و غبار نقش اساسی داشته‌اند (فتاحی و قناد، ۱۳۸۹: ۵۱؛ پورعلی و

۱. سینوپتیک یا همدید (Synoptic) از واژه‌های یونانی است که از دو قسمت «سین» یا «syn» به مفهوم با هم و «اپتیک» یا «optic» به‌معنای دیده‌بانی تشکیل شده و روی هم به‌معنای دیده‌بانی همزمان یا همه‌جانبه است (رحیمی، ۱۳۹٤؛ بابایی، ۱۳۹۱).

۲. «پرفشار آزور» (Azores High) که در آمریکا با نام «پرفشار برمودا» یا «پرفشار اطلس شمالی» نیز شناخته می‌شود، مرکز عظیمی از هوای نیمه‌استوایی پرفشاری است که بر فراز جزایر آزور در اقیانوس اطلس قرار دارد. این تودهٔ هوا به همراه کم‌فشار ایسلند، نوسان‌های اقیانوس اطلس را شکل می‌دهند و بر هوای اروپا و شمال آفریقا تأثیرگذارند. خشکی هوا در صحرای آفریقا و حوضهٔ مدیترانه به علت نشست هوا در این سیستم است (کاویانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ حلبیان، ۱۳۸۹؛ عساکره و همکاران، ۱۳۹۵).

۳. سیکلون (Cyclonic)، منطقه‌ای است از هوای کم‌فشار و تقریباً دایره‌ای‌شکل که قطر آن ممکن است به صدها کیلومتر برسد. این منطقه از هوا در نیمکرهٔ شمالی در خلاف جهت عقربه‌های ساعت و در نیمکرهٔ جنوبی در جهت حرکت عقربه‌های ساعت در چرخش است؛ در چنین ناحیه‌ای کمترین مقدار فشار جوّی در مرکز است و در امتداد شعاع و به طرف خارج از مرکز مقدار فشار افزایش می‌یابد؛ درواقع سیکلون یک مرکز کم‌فشار است (کاویانی و همکاران، ۱۳۸۷؛ حلبیان، ۱۳۸۹؛ عساکره و همکاران، ۱۳۹۵).

تقی‌زاده، ۱۳۹۰: ۹؛ بابایی و همکاران، ۱۳۹۷ الف: ۱۱٤۰). به‌طورکلی دربارهٔ چگونگی شکل‌گیری طوفان‌های گرد و غبار می‌توان گفت زمانی که سرعت باد در بیابان‌ها از حد مشخصی بیشتر می‌شود (۸ متر بر ثانیه) و بسته به زبری عناصر سطوح، رطوبت خاک، اندازهٔ دانه، پوشش گیاهی، بافت خاک، باندهای انرژی (نشان‌دهندهٔ چسبندگی ذرات خاک) و پستی‌ها و بلندی‌های زمین، ذرات ریز وارد جریان اتمسفر می‌شوند و غبار اتمسفری تولید می‌کنند (Xuan et al., 2004: 6240; Englestadter et al., 2006 74)؛ همچنین به علت نبود پوشش گیاهی در مناطق مستعد گرد و غبار، هوای بالای این مناطق گرم می‌شود و به سمت بالا حرکت می‌کند و زمانی که با بادهای با سرعت زیاد تروپوسفری برخورد کند، درنتیجه یک جریان چرخشی متمایل به سمت پایین ایجاد می‌شود؛ برخورد این بادهای با شدت زیاد با سطح زمین موجب ایجاد طوفان‌های گرد و غبار می‌شود (شکل ٤)؛ (Xuan et al., 2004: 6240).



شکل ٤. نحوهٔ شکل‌گیری ریزگردها

Figure 4. Picture of how dust is created

علل و عوامل شکل‌گیری ریزگردها به دو گروه عوامل طبیعی و انسانی مربوط می‌شود (طاووسی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۸؛ صابوری و همکاران، ۱۳۹۰: ٤۸ ;Kaskaoutis et al., 2008: 6885) که در زیر به اختصار به مهم‌ترین آنها اشاره شده است. این عوامل تمامی عوامل مؤثر بر شکل‌گیری ریزگردها نیستند، اما به نظر می‌رسد جزو اصلی‌ترین عوامل تأثیرگذار بر فرسایش بادی و ایجاد غبار به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشند.

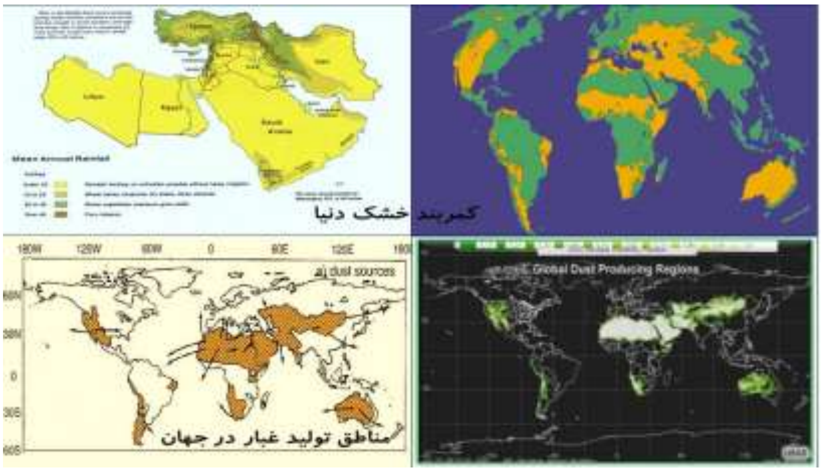
- کاهش ریزش‌های جوّی؛
- کمبود پوشش گیاهی با تراکم نامناسب؛
- حساسیت بالقوهٔ بخشی از خاک دربرابر فرسایش بادی؛
- پراکنش نامناسب باران در طول سال و وجود فصل خشک طولانی؛
- تبخیر زیاد و کمبود رطوبت خاک؛
- چرای بیش از حد و بیش از ظرفیت مراتع خشک؛
- توسعهٔ کشاورزی در خاک‌های حساس به فرسایش؛
- استفادهٔ بی‌رویه از درختان و پوشش گیاهی به‌منظور تأمین انرژی؛
- بی‌توجهی به اصول مدیریت بحران در دورهٔ خشکسالی؛
- رهاسازی اراضی کشاورزی به دلایل مختلف؛

- نبود سیستم‌های حفاظتی ازجمله بادشکن پیرامون اراضی کشاورزی؛
- نبود برنامه‌ریزی و مدیریت اصولی در این مناطق؛
- کمبود آب (احمدی و شایگان‌پور، ۱۳۸۹: ۳).

مناطق عمدهٔ تولید گرد و غبار

۱. گرد و غبار در جهان

مراکز تولید غبار معمولاً مناطق خشک و نیمه‌خشکی هستند که به کمربند خشکی دنیا (شکل ۵) معروف‌اند و میزان بارش سالیانهٔ این مناطق کمتر از ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر است (Xuan et al., 2004: Prospero et al., 2002: 32; 6241). ازنظر پراکنش و توزیع مکانی گرد و غبارها در جهان، بیشترین فراوانی به شمال آفریقا (صحرای ساهارا)، خاورمیانه و آسیا، فراوانی متوسط به استرالیا و ایالات متحدهٔ آمریکا و فراوانی کم به سایر مناطق مربوط می‌شود (Englestadler, 2001: 2). این مناطق در نیمکرهٔ شمالی قرار دارند و با عنوان کمربند غبار شناخته می‌شوند (شکل ۵)؛ (صابوری و همکاران، ۱۳۹۰: ٤۸؛ Englestadler, 2001: 2; Zhao and Zhao, 2006: 106; Prospero, et al., 2002: 32). از این مراکز سالیانه ۱۵۰۰ میلیون تن گرد و غبار وارد هوا می‌شود (صابوری و همکاران، ۱۳۹۰: ٤۸؛ Christopher and Jones, 2010: 103).



شکل ۵. کمربند خشک دنیا و مناطق تولید غبار در جهان

Figure 5. Dry belt and dust production areas in the world

۲. گرد و غبار در خاورمیانه

در منطقهٔ خاورمیانه، عمده‌ترین علت بروز این پدیده را باید در بزرگ‌ترین صحرای ماسه‌ای جهان به نام «رب‌الخالی» جست‌وجو کرد که در کشورهای عربستان سعودی، یمن، عمان و امارات متحدهٔ عربی استقرار یافته است (عبدی‌نژاد، ۱۳۸۹: ٤۲؛ شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹: ٤۷). مناطق اصلی منشأ طوفان‌های گرد و غبار در منطقهٔ خاورمیانه عبارت‌اند از:

۱. منطقهٔ میان‌رودان: شامل ۱۳ منطقه در عراق، غرب و جنوب غرب ایران، جنوب سوریه و شمال شبه‌جزیرهٔ عربستان.

۲. جنوب غرب آسیا: شامل ۱۰ منطقه و قسمت‌های مرکزی فلات ایران.

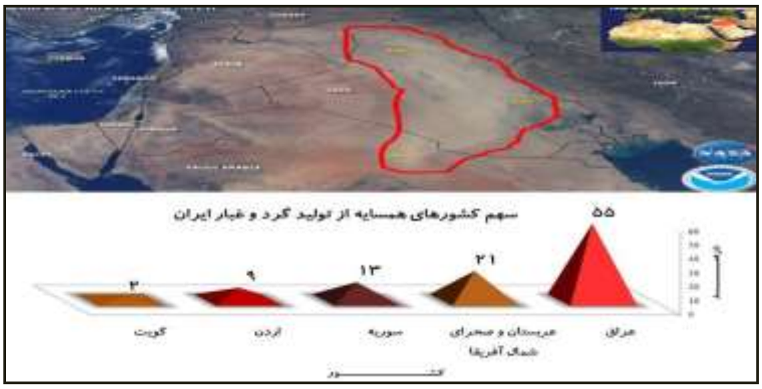
۳. دریای سرخ: شامل ۱۳ منطقه در مصر، شمال شرق سودان و شمال غرب شبه‌جزیرهٔ عربستان (شکل ٦)؛ (بابایی، ۱۳۹۱: ۵۱؛ مرزی نوحدانی و فرشچی، ۱۳۹۵: ۵).

شکل ٦. مناطق تولید غبار در خاورمیانه

Figure 6. Dust production areas in the Middle East

۳. گرد و غبار در ایران

کشور ایران با قرارگیری در منطقهٔ برون‌حاره‌ای و کمربند خشک و بیابانی جهان و همچنین واقع‌شدن بیابان‌های مهم و بزرگی مانند بیابان عربستان و صحرای آفریقا در نزدیکی آن، همواره در معرض وقوع گرد و غبار و سیستم‌های گرد و غباری است. منطقهٔ اصلی گرد و غبارهای ورودی به غرب ایران، نواحی بیابانی نسبتاً نزدیک به این منطقه مانند صحرای سوریه، عراق و صحرای موجود در شمال شبه‌جزیرهٔ عربستان است (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۹: ٤۷). حسنی اصفهانی (۱۳۹۰) بیان می‌دارد که بیش از ۹۰ درصد کانون‌های گرد و غبار در ایران، فرامرزی و به کشورهای عراق (۵۵ درصد)، عربستان و صحرای شمال آفریقا (۲۱ درصد)، سوریه (۱۳ درصد)، اردن (۹ درصد) و کویت (۲ درصد) مربوط است (شکل ۷)؛ (حسنی اصفهانی، ۱۳۹۰: ۱؛ بابایی، ۱۳۹۱: ۵۲؛ مرزی نوحدانی و فرشچی، ۱۳۹۵: ۵).



شکل ۷. مناطق عمدهٔ تولیدکنندهٔ گرد و غبار ایران

Figure 7. Dust production areas in the Middle East

٤. منشأ غبارهای مشاهده‌شده در زاگرس

در حوضهٔ دجله و فرات طوفان‌های گرد و غبار و خاک از مه (۱۱ اردیبهشت تا ۱۰ خرداد) شروع می‌شود و در ژوئیه (۱۰ تیر تا ۱۰ مرداد) به حداکثر خود می‌رسد و در سپتامبر تا نوامبر (۱۰ شهریور تا ۱۰ آذر) کاهش می‌یابد (تغییرات سالیانهٔ آن زیاد است). فعالیت این پدیده نخست از جنوب عراق شروع می‌شود و سپس به شمال منطقه گسترش می‌یابد. طی فصل بهار باد غالب در خاورمیانهٔ عربی به شمال (شامال) موسوم است براساس این مشاهدات در ماه نخست تابستان بیشترین غبار به زاگرس منتقل می‌شود. البته با توجه به مشاهدات ماهواره‌ای، بیشترین فراوانی غبار و طوفان گرد و خاک و شن در حوالی ۲۰۰کیلومتری جنوب بغداد است (شکل ۸). در منطقه‌ای که وسعت آن به بیش از ۱۳۰۰۰۰ کیلومترمربع می‌رسد، ارتفاع این منطقه کمتر از ۱۰۰ متر از سطح دریا و زهکشی طبیعی منطقه بسیار ضعیف است. تابستان این ناحیه داغ و خشک و میزان بارندگی سالیانه در آن کمتر از ۱۰۰ تا ۱۸۰ میلی‌متر و فصل باران منحصر به زمستان است. در این نواحی طغیان‌های مرتب رودخانه‌ها باعث به‌وجودآمدن باتلاق‌های وسیعی می‌شود. این باتلاق‌ها در تابستان به‌سرعت خشک و به نمکزارهای گسترده‌ای تبدیل می‌شود و منابع مناسبی برای ایجاد گرد و خاک و غبار سبک هستند؛ درواقع بیشترین غبار نیز از جنوب این منطقه گزارش می‌شود. در صورتی که جهت باد از شمال به جنوب باشد، این غبار به شمال کویت، عربستان سعودی، خلیج فارس و غرب و جنوب غرب ایران یعنی استان‌های کرمانشاه، خوزستان و بوشهر نیز منتقل می‌شود (ادارهٔ کل هواشناسی استان کرمانشاه، ۱۳۹۷؛ حیدری، ۱۳۹۰: ٤؛ بابایی و همکاران، ۱۳۹۷ ب: ۱۱٤۹). بررسی‌های انجام‌شده برای تعیین منشأ گرد و غبار براساس تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد پدیدهٔ گرد و غبار دو کانون اصلی دارد که بیشترین تأثیر را در منطقهٔ مطالعاتی بر جای گذاشته است؛ منطقهٔ غرب بغداد و موصل تا بحرالملح و هورالعظیم (عطایی و احمدی، ۱۳۸۹: ۱۷).

شکل ۸. مناطق تولید گرد و غبار در زاگرس

Figure 8. Dust production areas in the Zagros

زمانی که پدیدهٔ گرد و غبار در منبع ایجاد می‌شود، ۳۰ درصد در نزدیکی منبع رسوب می‌کند، ۲۰ درصد دوباره در مقیاس محلی منتشر می‌شود و بیش از نیمی از آن به فواصل دورتر (تا ٦٥۰۰ کیلومتر) منتقل می‌شود (ندافی، ۱۳۸۸: ۳۰۱۵). آثار پدیده‌های گرد و غبار ممکن است تا فاصلهٔ ٤۰۰۰کیلومتری از منبع اصلی تداوم داشته باشد و سبب بروز آثار

نامطلوب زیستی و خسارات فراوان در زمینه‌های کشاورزی، صنعتی، حمل و نقل و سیستم‌های مخابراتی شود (صابوری و همکاران، ۱۳۹۰: ٤٨؛ Ebadat, 2010: 908). در ادامه خسارات و آثار مخرب ریزگردها بیان شده است.

آثار ریزگردها

ریزگردهای واردشده به ایران دو ساختار رسی و سیلتی دارند. غبارهای ورودی از عربستان بیشتر از نوع سیلتی است که ذرات آن درشت‌تر، با ماندگاری کمتر و مسلماً خطرات کمتری است؛ اما این ذرات نیز پیامدهای خاص خود را دارند. غبارهای ورودی از سمت عراق بیشتر رسی است. این نوع غبار ذرات ریز و سبک با قابلیت ماندگاری زیاد در هوا و قدرت آلایندگی بیشتری دارد و بسیار خطرناک‌تر از ذرات سیلتی است. غبارهای ورودی از ناحیهٔ عراق به علت استفادهٔ صدام از سلاح‌های میکروبی در دوران جنگ هشت‌ساله، متأسفانه آلوده به مواد شیمیایی، میکروبی و رادیواکتیوی است. ذرات رس موجود در هوا باعث ایجاد اختلالات تنفسی و بروز بیماری‌های ناشی از آن در افراد می‌شود؛ کما اینکه این غبارها فقط ذرات رس نیستند و به همراه خود آلودگی زیادی از مواد شیمیایی را انتقال می‌دهند. ذرات رس قدرت چسبندگی زیادی دارند و به‌راحتی مواد آلودهٔ موجود در هوا را منتقل می‌کنند (حسنی اصفهانی، ۱۳۹۰: ۱؛ بابایی و همکاران، ۱۳۹۷ ج: ۱۱٥٦). در زمان پدیدهٔ گرد و غبار غلظت بعضی فلزات سنگین ازجمله سرب ۳ برابر می‌شود و غلظت فلزات سمی جیوه و آرسنیک نیز به میزان زیادی افزایش می‌یابد. خاک سطحی منابع گرد و غبار غنی از شن (بیش از ٥۰ درصد) و رس کم (کمتر از ٥ درصد) است (ندافی، ۱۳۸۸: ۳۰۱٦).

طوفان‌های ماسه و گرد و غبار در ایران و سایر کشورهای آسیایی، آفریقایی و آمریکایی موجب بروز خسارات مالی و جانی فراوان شده است (Lin, 2002: 77). دامنهٔ گسترش خسارات این کانون‌های بحرانی نزدیک به یک میلیون هکتار از اراضی استان به‌ویژه اراضی کشاورزی و مناطق مسکونی و صنعتی مهم است (عبدی‌نژاد، ۱۳۸۹: ٤۳).

گرد و غبار در جوّ به‌مثابهٔ یکی از آلاینده‌ها، آثار سوء و پیامدهای منفی گوناگونی دارد. گرد و غبارهای اخیر، تولید شهد گل‌ها را با مشکل مواجه کرده و تولید عسل را بیش از ٥۰ درصد کاهش داده است. این خسارت موجب کاهش تولید ۱۳۰ تنی عسل شده و ۱۰ میلیارد ریال خسارت به زنبورداران وارد کرده است. در کنار این مسئله، بروز بیماری «سی‌سی‌دی» که باعث می‌شود زنبورهای بالغ از کندو خارج شوند و برنگردند، ٥۰ تا ۷۰ درصد زنبورستان‌ها را درگیر و خسارت زیادی به زنبورداران وارد کرده است. آنچه مسلّم است اینکه هوای آلوده به گرد و خاک تولید عسل را به‌شدت کاهش می‌دهد؛ با این حال ما با مشکل دیگری نیز مواجهیم که همان کوچ بی‌رویهٔ زنبورداران برای پیداکردن منطقهٔ دارای هوای پاک است (حیدری، ۱۳۹۰: ٥).

Al –Faraji & Fadahi (2001) دربارهٔ گسترش بیابان‌ها در عراق و تأثیرات منفی طوفان‌های ماسه و خاک در عراق، پژوهش و مطالعه کردند. آنها دریافتند طوفان‌های خاک و ماسه روی منابع آب، اقتصاد منطقه و معیشت مردم تأثیرات زیان‌باری دارد.

Narayan (2003) در بررسی خسارات طوفان به زیرساخت‌ها، فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی فیجی به این نتیجه رسیده که در اثر طوفان سال ۲۰۰۳، هم صادرات و هم واردات کاهش یافته (صادرات با درصد بیشتری) و موجب

کسری تراز پرداخت‌ها شده است؛ همچنین تولید ناخالص داخلی واقعی، مصرف خصوصی، درآمد، سرمایه‌گذاری، پس‌انداز و رفاه ملی واقعی، همگی کاهش یافته‌اند.

Noy (2006) تأثیر بلایای طبیعی را بر اقتصاد کلان براساس سطح درآمد و موقعیت منطقه‌ای در کوتاه‌مدت بررسی کرده و نتیجه گرفته است که هرچه خسارت رویداد طبیعی بیشتر باشد، موجب کاهش بیشتر تولید می‌شود؛ همچنین به دنبال یک بحران با شدت نسبی مشابه، کشورهای در حال توسعه نسبت به کشورهای توسعه‌یافته با کاهش بیشتری در تولید مواجه می‌شوند.

از آثار منفی طوفان‌های گرد و غبار بر زندگی انسان‌ها بروز بیماری‌های مختلف است. Achudume & Oladipo (2009) در بررسی آثار طوفان‌ها بر محیط‌زیست نیجریه عنوان کردند که گرد و غبار باعث بروز بیماری‌های حاد تنفسی، آسم و آلرژی، تنگی نفس، سندرم و همچنین آلودگی آب‌ها می‌شود.

Delpisheh (2010) در مطالعهٔ خود با عنوان «پدیدهٔ گرد و غبار و سلامتی» می‌نویسد که گرد و غبار منبع اصلی آلودگی هواست و سالیانه ۵۰۰ هزار مرگ زودرس به علت آلودگی گرد و غبار رخ می‌دهد و میزان مرگ و میر را تا ٦ درصد افزایش می‌دهد و کاهش دید ازنظر افقی در طوفان به کمتر از یک کیلومتر می‌رسد.

روشن و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی تأثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهر تهران دریافتند آلودگی هوا موجب کاهش شمار پرندگان بومی و پوشش گیاهی می‌شود و درختان در حالت نیمه‌زنده قرار می‌گیرند و آثار باستانی فرسوده و تخریب می‌شوند.

صابوری و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی «تعیین میزان اثرپذیری پارامترهای کیفی آب رودخانهٔ کارون در شرایط رخداد پدیدهٔ گرد و غبار در قالب مدل پیش‌بینی؛ مطالعهٔ موردی: مقطع شهری اهواز» عنوان می‌کنند که کاهش سالیانهٔ بارش در مناطق، گرمایش جهانی در اثر افزایش گازهای گلخانه‌ای و خشک‌شدن تالاب‌ها از علل بروز پدیدهٔ گرد و غبار هستند. آنها معتقدند افزایش میزان تبخیر و تعرق و کاهش سطح سبزینگی منطقه را برای فرسایش خاک و وقوع پدیدهٔ گرد و غبار مستعد می‌کند که خود به کاهش پارامترهای کیفیت آب ازجمله کدورت آن انجامیده است.

رسولی و همکاران (۱۳۹۰) و جعفری (۱۳۹۰) آسیب‌های ناشی از گرد و غبار را آسیب به نما و زیبایی ساختمان‌ها، کاهش قدرت دید و پیامدهای زیست‌محیطی و حمل‌ونقل می‌دانند.

با توجه به وضعیت موجود، نخستین گام در جهت کاهش آثار زیان‌بار پدیدهٔ ریزگرد برای کنترل و بهبود خسارات واردشده و سطح ایمنی جامعه، پاسخ به این پرسش‌های اساسی است که چه افرادی و به چه میزان آسیب‌پذیرند، افراد آسیب‌پذیر در چه مناطقی قرار دارند و مناطق آسیب‌پذیر در کجا قرار دارند؛ از این رو مطالعهٔ مناطق در معرض مخاطرات طبیعی می‌تواند بخشی از برنامه‌های توسعه در نظر گرفته شود؛ به طوری که با شناخت افراد و مناطق آسیب‌پذیر می‌توان به برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران در این زمینه کمک کرد تا بهتر سیاست‌های موجود خود را برای حمایت از افراد و مناطق آسیب‌پذیر به کار گیرند و با آثار زیان‌بار این پدیدهٔ محیطی مقابله کنند. با توجه به اینکه تاکنون درزمینهٔ پهنه‌بندی مناطق زیر پوشش ریزگردها و شناسایی افراد و مناطق آسیب‌پذیر مطالعهٔ جامعی صورت نگرفته است، در این پژوهش به‌دنبال پهنه‌بندی مناطق متأثر از ریزگردها هستیم تا از این راه مناطق و افراد آسیب‌پذیر از ریزگردها شناسایی و براساس پهنه‌بندی صورت‌گرفته سیاست‌ها و برنامه‌ها تدوین شوند.

روش‌شناسی پژوهش

رویکرد کلی پژوهش ازنظر جهت‌گیری، کمّی و ازنظر هدف، کاربردی و به‌لحاظ گردآوری داده‌ها، توصیفی‌تحلیلی است. برای انجام این پژوهش به‌منظور انتخاب ایستگاههای مطالعه‌شده، پس از بررسی آمار اخذشده از سازمان هواشناسی استان کرمانشاه، تعداد ۱۴ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک، سینوپتیک تکمیلی و اقلیم‌شناسی دارای کامل‌ترین و طولانی‌ترین دورهٔ آماری، برای یک دورهٔ آماری مشترک ۱۶ساله، ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷، انتخاب شدند. شکل ۹ موقعیت جغرافیایی ایستگاههای مطالعه‌شده و جدول ۲ مشخصات آنها را نشان می‌دهد.

شکل ۹. نقشهٔ پراکندگی ایستگاههای مطالعه‌شده در طول دورهٔ آماری (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷)

Figure 9. Dust production areas in the Zagros

جدول ۲. مشخصات ایستگاههای مطالعه‌شده در طول دورهٔ آماری (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷)

Table 2. Details of stations studied during the statistical period (2002 to 2018)

ردیف	نام ایستگاه		نوع ایستگاه	کد ایستگاه
۱	سرپل ذهاب	Sarpol-E-Zahab	سینوپتیک	٤٠٧٦٥
۲	کرمانشاه	Kermanshah	سینوپتیک	٤٠٧٦٦
۳	روانسر	Ravansar	سینوپتیک	٤٠٧٦٤
٤	سنقر	Sonqor	سینوپتیک تکمیلی	٩٩٤٢٩
٥	قصر شیرین	Qasreshirin	سینوپتیک تکمیلی	٩٩٤٣٥
٦	ثلاث باباجانی	Tazehabad	سینوپتیک تکمیلی	٩٩٤٢٨
۷	اسلام‌آباد غرب	Eslamabad-E-Gharb	سینوپتیک	٤٠٧٧٩
۸	گیلان‌غرب	Gilanegharb	سینوپتیک تکمیلی	٩٩٤٥٤
۹	کنگاور	Kangavar	سینوپتیک تکمیلی	٤٠٧٧١
۱۰	هرسین	Harsin	سینوپتیک تکمیلی	٩٩٤٣١
۱۱	جوانرود	Javanrud	سینوپتیک تکمیلی	٩٩٤٢٧
۱۲	پاوه	Paveh	اقلیم‌شناسی	۱۸۸۸۳
۱۳	صحنه	Sahneh	اقلیم‌شناسی	۱۸۹۸۱
١٤	کرند غرب	Kerend gharb	اقلیم‌شناسی	۱۹۰۱۸

در ایستگاههای هواشناسی برای گزارش، تعیین و شدت میزان پدیده‌های جوّی مانند انـواع بارنـدگی‌هـا، بارنـدگی همراه با رگبار یا طوفان رعد و برق، گرد و خاک یا شن یا کولاک برف از کدهای دو رقمی استفاده می‌شود. این کدها از (۰۰) شروع و تا (۹۹) ادامه می‌یابند و هر کد یک پدیدهٔ جوّی را نشان می‌دهد. برای گرد و غبار نیـز دو دسـته کـد وجود دارد:

الف. کدهای مربوط بـه پدیـده‌هـای گـرد و خـاکی: کـدهای (۰۵)، (۰۷)، (۰۹)، (۳۰)، (۳۱)، (۳۲)، (۳۳)، (۳٤) و (۳۵)؛

ب. کدهای مربوط به پدیدهٔ گرد و غبار: کد (۰٦).

در جدول ۳ مشخصات هر کد بیان شده است.

جدول ۳. کدهای مربوط به طوفان گرد و خاک

Table 3. Dust storm codes

کد	مفهوم
۰۵	غبار حالتی از تیرگی هواست که درنتیجهٔ وجود ذرات جامد و معلق در هوا ایجاد می‌شود. این ذرات ممکن است شامل دود، بخار آب، خاک یا ذرات شن بسیار ریز باشند.
۰٦	گرد و خاک معلق در هوا و گسترده که با باد در ایستگاه یا نزدیکی ایستگاه بلند نشده است.
۰۷	گرد و خاک برخاسته یا شنی که در ساعت دیدبانی در اثر وزش باد در ایستگاه یا اطراف آن به هوا بلند شده باشد.
۰۹	طوفان گرد و خاک یا شن که در ساعت دیدبانی پیرامون ایستگاه وجود داشته یا در ساعت گذشته در خود ایستگاه وجود داشته است.
۳۰	طوفان ملایم یا متوسط گرد و خاک یا شن (طی ساعت گذشته از شدت طوفان کاسته شده است).
۳۱	طوفان ملایم یا متوسط گرد و خاک یا شن (طی ساعت گذشته شدت طوفان تغییری نکرده است).
۳۲	طوفان ملایم یا متوسط گرد و خاک یا شن (طی ساعت گذشته بر شدت طوفان افزوده شده است).
۳۳	طوفان شدید گرد و خاک یا شن (طی ساعت گذشته از شدت طوفان کاسته شده است).
۳٤	طوفان شدید گرد و خاک یا شن (طی ساعت گذشته شدت طوفان تغییری نکرده است).
۳۵	طوفان شدید گرد و خاک یا شن (طی ساعت گذشته بر شدت طوفان افزوده شده است).
منبع: سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۷)	

کد بررسی‌شده در مطالعهٔ حاضر، (۰٦) است. کد مربوط به پدیدهٔ گرد و غبار (۰٦) از میـان سـایر کـدها بـه روش فیلترکردن در نرم‌افزار اکسل (Excel) جدا شده و سـپس فراوانی سالیانهٔ ایـن کـد در هریـک از ایسـتگاههای منتخب برای دورهٔ آماری ۱٦ساله با نرم‌افزار (SPSS) به دست آمده است. در شـکل ۱۰ نمونـهٔ بررسـی داده‌هـای هواشناسـی آورده شده است.

Du Sarpool

	A	B	C	D
13437	stationid	datetime	vv	ww
13438	~~40765~~	10/25/2018 12:00	10000	
13439	~~40765~~	10/25/2018 15:00	7000	60
13440	~~40765~~	10/25/2018 18:00	10000	2
13441	40765	10/25/2018 21:00	7000	6
13442	~~40765~~	10/26/2018 00:00	10000	2
13443	~~40765~~	10/26/2018 03:00	10000	
13444	~~40765~~	10/26/2018 06:00	4000	80
13445	~~40765~~	10/26/2018 09:00	8000	17
13446	40765	10/26/2018 12:00	5000	6
13447	~~40765~~	10/26/2018 15:00	8000	25
13448	~~40765~~	10/26/2018 18:00	5000	62
13449	~~40765~~	10/26/2018 21:00	800	44
13450	40765	10/27/2018 00:00	1000	6
13451	40765	10/27/2018 03:00	1000	6
13452	40765	10/27/2018 06:00	500	6
13453	40765	10/27/2018 09:00	500	6
13454	40765	10/27/2018 12:00	6000	6

شکل ۱۰. بررسی یک نمونه فایل داده‌های هواشناسی (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷)

Figure 10. Investigation of a sample of meteorological data File (2002 to 2018)

پس از استخراج، فیلترکردن کدهای گرد و خاکی و انتخاب کد گرد و غبار و گرفتن فراوانی سالیانهٔ کد گرد و غبار، در مرحلهٔ آخر و در محیط نرم‌افزار (Arc GIS) پهنه‌بندی و لایه‌های اطلاعاتی شکل می‌گیرد و تحلیل می‌شود.

یافته‌های پژوهش

جدول ٤ فراوانی تعداد روزهای غبارآلود (کد ٠٦) را در ایستگاههای منتخب نشان می‌دهد. درمجموع و طی بازهٔ ١٦ساله (١٣٨١ تا ١٣٩٧)، ١٢١٦٣ روز همراه با گرد و غبار در شهرستان‌های استان کرمانشاه مشاهده شده و در طول این ١٦ سال هر شهرستان به‌طور میانگین دست‌کم ٤٨/٢ روز در سال با گرد و غبار مواجه بوده است؛ بر این اساس می‌توان گفت شهرستان‌های نوار غربی استان کرمانشاه یعنی شهرستان‌های سرپل ذهاب، قصر شیرین، پاوه، گیلان‌غرب و ثلاث‌باباجانی (تازه‌آباد) به ترتیب با مجموع ١٣٣٣، ١٣٠١، ١١٠٣، ١٠٤٧ و ١٠٠١ روز در سال طی ١٦ سال گذشته بیشترین فراوانی و شهرستان‌های سنقر و هرسین با ٥٤٤ و ٥٣٢ روز در سال کمترین فراوانی گرد و غبار را داشته‌اند (جدول ٤ و شکل‌های ١١ و ١٢). در بعضی از سال‌های بازهٔ مطالعه‌شده (مانند سال ١٣٨٧)، آمار تعداد روزهای همراه با گرد و غبار در شهرستان‌های سرپل ذهاب (١٥٩ روز در سال)، قصر شیرین (١٤٥ روز در سال) و پاوه (١٤١ روز در سال) به ٦ ماه در سال می‌رسد (جدول ٤ و شکل‌های ١١ و ١٢) و عملاً هوایی صاف و آفتابی در این مناطق مشاهده نمی‌شود و زندگی همراه با گرد و غبار است. شرایط زمانی بحرانی‌تر می‌شود که بدانیم شغل اصلی بیشتر ساکنان این مناطق کشاورزی و دامداری است و زندگی آنها به فعالیت‌های کشاورزی و دامداری وابسته است. با توجه به خطراتی که این پدیده برای سلامت افراد و فعالیت‌های کشاورزی دارد و از طرفی گرد و غبار نیز یک پدیدهٔ اقلیمی و فرامرزی و مربوط به کشورهای همسایه است، راه گریزی از این وضعیت وجود ندارد و ساکنان این مناطق راهی جز سازگاری و زندگی همراه با گرد و غبار ندارند.

با بررسی توزیع ماهیانهٔ گرد و غبار می‌توان گفت که به‌طورکلی در فصول گرم سال، فراوانی وقوع گرد و غبار

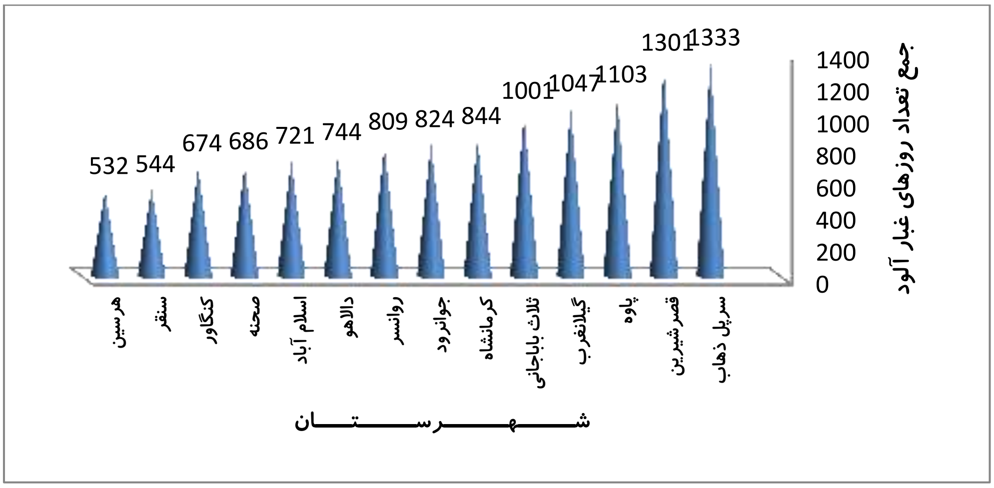
بیشتر از فراوانی گرد و غبار در فصول سرد سال است. در فصول گرم سال رطوبت که عامل مهمی در به‌هم‌پیوستگی ذرات خاک است، کاهش می‌یابد و به‌دنبال آن با کاهش پوشش گیاهی و خشک‌بودن زمین‌های دارای ذرات گرد و غبار، کوچک‌ترین وزش بادی باعث می‌شود ذرات منفصل خاک در هوا به‌صورت معلق درآیند. درنتیجه خشکی زیاد هوا به دلیل کمبود رطوبت و در پی آن کاهش پوشش گیاهی و انفصال ذرات خاک از دلایل زیادبودن میزان ذرات معلق در هوا در فصول گرم سال است و در فصول سرد سال فراوانی بروز گرد و غبار به کمترین حد می‌رسد.

جدول ٤. آمار تعداد روزهای غبارآلود استان کرمانشاه در ۱٦ سال گذشته

Table 4. number of dusty days in Kermanshah province in the last 16 years

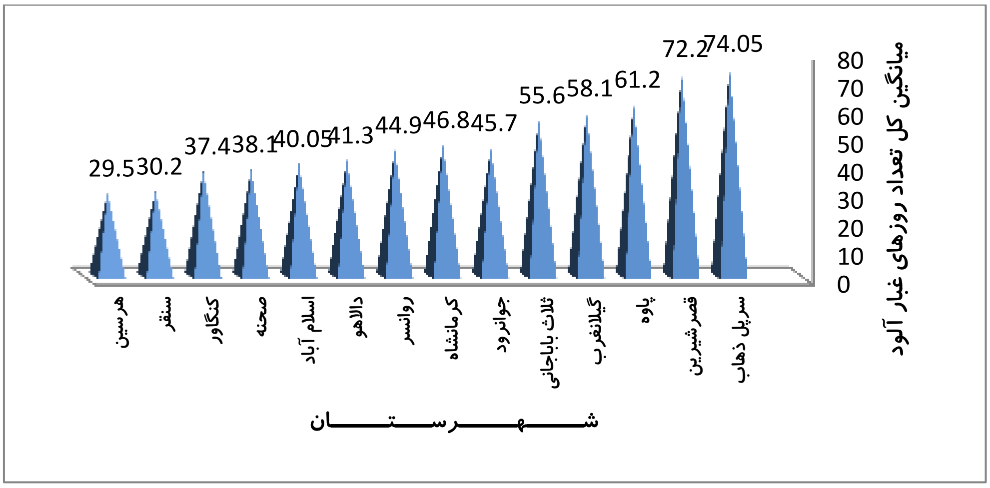
شهرستان	سال																	جمع	میانگین
	۸۱	۸۲	۸۳	۸٤	۸۵	۸٦	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	۹۲	۹۳	۹٤	۹۵	۹٦	۹۷		
سرپل ذهاب	۱۷	٤۵	۲۰	۷۷	٤۳	۱۰۰	۱۵۹	۱٤۳	۱۲۳	۵۰	۱۳۱	۱۰۹	۳٦	۸٦	۷۸	۵۳	٦۳	۱۳۳۳	۷٤,۰۵
گیلان غرب	۱۹	۳۸	۱٦	۷۱	۳۷	۹٦	۹۵	۹۱	۷٦	۵۲	۹۱	۸۲	۲۵	۷۹	۷۲	٤۹	۵۸	۱۰٤۷	۵۸,۱
قصر شیرین	۲۳	٤۲	۲۱	۷٦	۳٤	۱۰۳	۱٤۵	۱۲۹	۱۰۳	۵۵	۱۳۹	۱۰۹	۳۷	۸۷	۷۹	۵۵	٦٤	۱۳۰۱	۷۲,۲
اسلام آباد	۱۸	۲٤	۱٤	۵۳	۳۲	٤۱	۱۰۳	۸٤	٦٤	٤۸	۸۳	۷۹	۱۸	۲۷	۱۷	۸	۸	۷۲۱	٤۰,۰۵
دالاهو	۱۹	۲۵	۱۵	۵۵	۳۳	٤۲	۱۰۵	۸٦	٦۵	۵۱	۸۲	۷۸	۱۹	۲۸	۲۱	۹	۱۱	۷٤٤	٤۱,۳
کرمانشاه	۲۵	۲۰	۲۰	٤۹	٤۰	۸٦	۱۰۲	۱۰۱	۱۰۲	٦۱	۸۱	۷۲	۱۸	۲۵	۱٦	۱۰	۱٦	۸٤٤	٤٦,۸
روانسر	۱۵	۲۲	٤۱	۵۷	٤۷	۸۱	۱۲۳	۹۸	٦٦	۵۲	۷۹	٦۸	۸	۱۹	۱۵	۷	۱۱	۸۰۹	٤٤,۹
جوانرود	۱۷	۲۳	٤۲	۵٦	٤۹	۸۳	۱۲۵	۹۹	٦۸	۵۳	۷۲	٦۹	۱۰	۲۱	۱٦	۸	۱۳	۸۲٤	٤۵,۷
پاوه	۱٦	۳۵	۱۸	٦۸	۳۵	۹۹	۱٤۱	۱۲۱	۹۸	۵۲	۹۸	۹٤	۲۱	۵۳	٦۱	٤۲	۵۱	۱۱۰۳	٦۱,۲
ثلاث باباجانی	۱۸	٤٤	۲۲	۷۵	٤۱	۱۰۱	۱۲۷	۱۱۹	۱۱۱	۵۸	۱۰۹	۹۱	۱٤	۲٤	۱۸	۱۲	۱۷	۱۰۰۱	۵۵,٦
صحنه	۲۰	۱۷	۱۵	۲۲	۲٦	٦۷	۹۹	۷۵	۸۷	٦۰	٦٤	۵۹	۱٦	۲۱	۱۵	۹	۱٤	٦۸٦	۳۸,۱
هرسین	۱٤	۲٦	۵	۸	۵	۵۲	۹۰	٦۹	۳۷	٤۹	٦۲	۵۸	۱۰	۱٦	۱۲	۷	۱۲	۵۳۲	۲۹,۵
سنقر	۱۵	۲۷	٦	۱۰	۸	۵۵	۹۳	۷۲	٤۰	٤۸	٦۱	۵۷	۱۱	۱۵	۹	٦	۱۱	۵٤٤	۳۰,۲
کنگاور	۱۹	۱٦	۱۳	۲۱	۲٦	٦۳	۹۸	۸۸	۸۵	۵٦	٦۳	٤۱	۱٤	۱۸	۱۲	۸	۱۳	٦۷٤	۳۷,٤
جمع	**۲۵۵**	**٤۰٤**	**۲٦۸**	**٦۹۸**	**٤۵٦**	**۱۰٦۹**	**۱٦۰۵**	**۱۳۷۵**	**۱۱۲۵**	**۷٤۵**	**۱۲۱۵**	**۱۰٦٦**	**۲۵۷**	**۵۱۹**	**٤٤۱**	**۲۸۳**	**۳٦۲**	**۱۲۱٦۳**	**٦۷۵,۷**
میانگین	**۱۸**	**۲۹**	**۱۹**	**۵۰**	**۳۳**	**۷٦,٤**	**۱۱۵**	**۹۸,۲**	**۸۰,٤**	**۵۳**	**۸٦,۸**	**۷٦,۱**	**۱۸**	**۳۷**	**۳۲**	**۲۰,۲**	**۲۵,۸٦**	**۸٦۸,۷**	**٤۸,۲**

منبع: نگارنده، ۱۳۹۸



شکل ۱۱. جمع تعداد روزهای غبارآلود شهرستان‌های استان کرمانشاه در ۱۶ سال گذشتهٔ استان

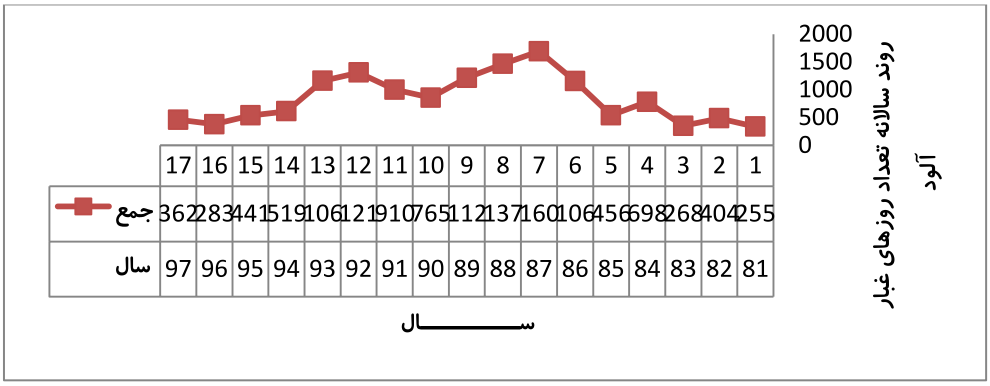
Figure 11. The sum of the number of dusty days in the cities of Kermanshah province in the last 16 years



شکل ۱۲. میانگین تعداد روزهای غبارآلود شهرستان‌های استان کرمانشاه در ۱۶ سال گذشتهٔ استان

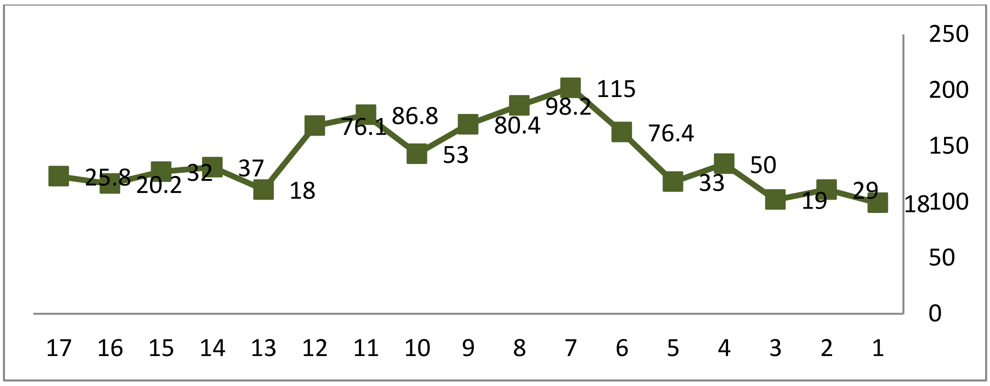
Figure 12. The average number of dusty days in the cities of Kermanshah province in the last 16 years

بررسی روند بروز پدیدهٔ گرد و غبار در ۱۶ سال گذشته (شکل‌های ۱۳ و ۱٤) نشان می‌دهد شدت و غلظت این پدیده سال‌به‌سال افزایش یافته و به‌طور میانگین تعداد روزهای غبارآلود شهرستان‌های استان کرمانشاه از ۱۸ روز در سال ۱۳۸۱ به حدود ۱۰۰ روز در سال ۱۳۸۷ رسیده و در چندین نوبت غلظت این پدیده تا ۲۰ برابر حد استاندارد و تا ۲۸۱۷ میکروگرم بر مترمکعب افزایش یافته است (حداکثر غلظت مجاز ذرات معلق در هوا ۱۵۰ میکروگرم بر مترمکعب است). این شرایط به کاهش دید افقی و عمودی به کمتر از ۱۰ متر منجر می‌شود و تهدیدی برای سلامت، تعطیلی مدارس، ادارات دولتی، فرودگاهها و آسیب به اقتصاد ملی است.



شکل ۱۳. روند سالیانهٔ تعداد روزهای غبارآلود ۱۵ سال گذشتهٔ استان کرمانشاه

Figure 13. Annual trend of the number of dusty days of the last 15 years in Kermanshah province



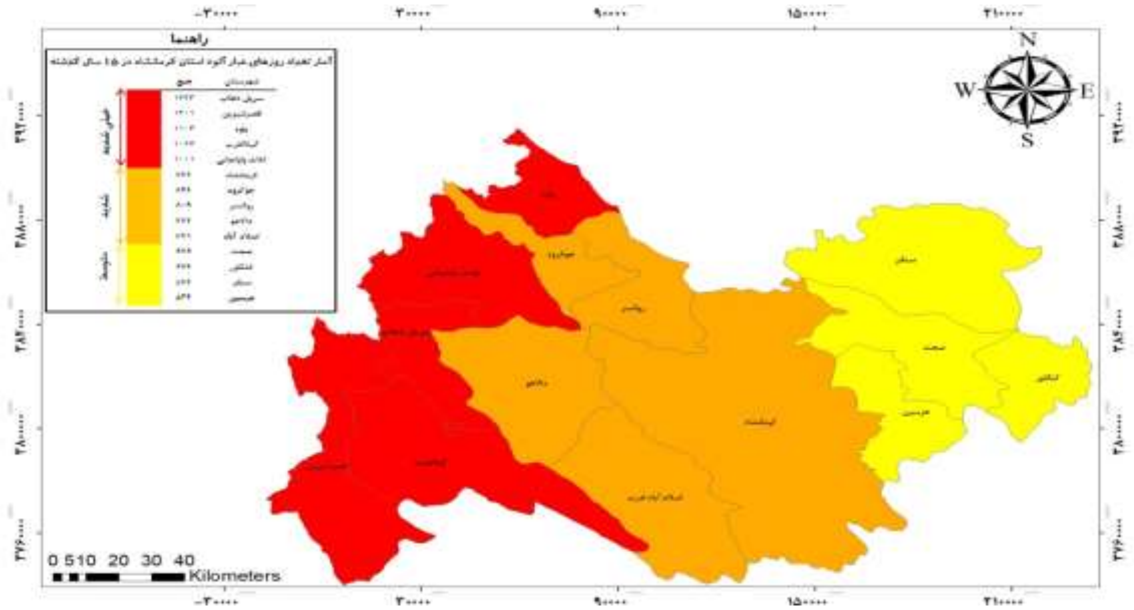
شکل ١٤. روند میانگین سالیانهٔ تعداد روزهای غبارآلود ۱۵ سال گذشتهٔ استان کرمانشاه

Figure 14. The average annual trend of the number of dusty days in the last 15 years in Kermanshah province

پراکندگی فضایی این پدیده (ارائه‌شده در شکل ۱۵) نشان می‌دهد کانون اصلی تمرکز این پدیده نخست در مناطق غربی استان و سپس در مناطق جنوبی، شمالی، مرکزی و شرقی استان کرمانشاه واقع شده است؛ به این ترتیب که هستهٔ اصلی فعالیت این پدیده در شهرستان‌های سرپل ذهاب، قصر شیرین، پاوه، گیلان‌غرب و ثلاث باباجانی متمرکز شده است. در این مناطق به‌طور میانگین گرد و غبار فراوانی ٧٤/٠٥، ٧٢/٢، ٦١/٢، ٥٨/١ و ٥٥/٦ روز در سال دارد. علت اصلی این موضوع، همجواری این شهرستان با کشورهای عراق، عربستان، سوریه، اردن و کویت است که منشأ غبارهای مشاهده‌شده در مناطق غربی استان کرمانشاه هستند. نبود پوشش گیاهی مناسب، کمبود رطوبت و فرسایش خاک در این مناطق مزید بر علت شده است و در تشدید وضعیت نامناسب بسیار مهم تلقی می‌شود. وجود این ذرات عامل بسیار خطرآفرینی برای سلامتی انسان‌ها به‌ویژه افرادی است که بیماری‌های تنفسی دارند.

پهنه‌بندی گرد و غبار شهرستان‌های استان کرمانشاه ازنظر فراوانی و توزیع سالیانهٔ آن (ارائه‌شده در شکل ۱۵) نشان می‌دهد ایستگاههای مطالعه‌شده ازنظر فراوانی سالیانهٔ طوفان‌های گرد و غبار معلق در هوا در سه دستهٔ خیلی شدید، شدید و متوسط قرار می‌گیرند. در دستهٔ خیلی شدید شهرستان‌های سرپل ذهاب، قصر شیرین، پاوه، گیلان‌غرب و

ثلاث باباجانی قرار می‌گیرند. در دستهٔ شدید شهرستان‌های کرمانشاه، جوانرود، روانسر، دالاهو و اسلام‌آباد قرار دارنـد و در دستهٔ متوسط شهرستان‌های صحنه، کنگاور، سنقر و هرسین قرار می‌گیرند. بین دستهٔ اول با دسته‌های دوم و سوم ازنظر فراوانی رخداد تعداد روزهای گرد و غبار تفاوت تقریباً زیادی وجـود دارد. علـت تفـاوت زیـاد ایـن اسـت کـه ایستگاههای گروه اول در همجواری کشورهای عراق، عربستان، سوریه، اردن و کویت قرار دارند کـه منشـأ غبارهـای مشاهده‌شده در مناطق غربی استان کرمانشاه هستند؛ همچنین خشکی منطقـه و کمبـود پوشـش گیـاهی آن و درنتیجـه منفصل‌بودن ذرات خاک در ناحیهٔ اشاره‌شده، عاملی تشدیدکننده برای وقوع فراوانی بیشتر روزهـای همـراه بـا گـرد و خاک در این طبقه است؛ ولی ایستگاههای مناطق دوم و سوم به دلیل دوربودن از کانون گرد و غبار، روزهای غبـارآلود کمتری دارند.



شکل ۱۵. پهنه‌بندی شهرستان‌های استان کرمانشاه در ۱۶ سال گذشته

Figure 15. Zoning of cities of Kermanshah province in the last 16 years

بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی در تمامی کشورهای در حال توسعه است که علاوه بر ایجاد اشتغال برای افراد جامعه، وظیفهٔ تولید مـواد غـذایی مـورد نیـاز اعضـای جامعـه را نیـز بـر عهـده دارد. ایـن کـارکرد فعالیت‌های کشاورزی زمینهٔ استقلال کشور را در سایر جنبه‌ها در پی دارد. بـا وجـود تمـام مزایـایی کـه فعالیـت‌هـای کشاورزی دارند و باید به آنها توجه کرد، باید این نکته را نیز در نظر داشت که اگر عاملی بر فعالیت‌های کشاورزی اثر منفی بگذارد، چه اتفاقی می‌افتد. متأسفانه در یک دههٔ اخیر شاهد بروز پدیدهٔ گرد و غبار در کشور به‌ویژه در غـرب و جنوب غرب بوده‌ایم که یک تهدید زیست‌محیطی محسوب می‌شـود. آثـاری کـه گـرد و غبـار بـر بخـش کشـاورزی می‌گذارد، تهدیدی برای سلامت تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان و همین‌طور محیط‌زیسـت و منـابع طبیعـی اسـت؛ از سوی دیگر در کشور ایران و همین‌طور منطقهٔ مطالعه‌شده، بیشتر افراد با کشاورزی و دامداری امـرار معـاش مـی‌کننـد. می‌توان این‌گونه استنباط کرد که گرد و غبار در درازمدت سبب از بین رفتن منابع تولید افراد منطقه و درنتیجه کـاهش

تولید و وابستگی به کشورهای دیگر به‌منظور تأمین مواد غذایی می‌شود؛ از این رو در این پژوهش، پهنه‌بندی مناطق متأثر از ریزگردها در استان کرمانشاه مطالعه شد تا مشخص شود کدام مناطق بیشتر و کدام مناطق کمتر از ریزگردها اثر می‌پذیرند و کدام مناطق بیشترین و کدام مناطق کمترین آسیب را می‌بینند.

نتایج پژوهش نشان داد مناطقی که بیشتر از ریزگردها تأثیر پذیرفته‌اند و بیشترین آسیب را دیده‌اند، شهرستان‌های نوار غربی استان کرمانشاه یعنی شهرستان‌های سرپل ذهاب، قصر شیرین، پاوه، گیلان‌غرب و ثلاث باباجانی هستند. این شهرستان‌ها به ترتیب با مجموع ۱۳۳۳، ۱۳۰۱، ۱۱۰۳، ۱۰٤۷ و ۱۰۰۱ روز در سال طی ١٦ سال گذشته بیشترین روزهای همراه با گرد و غبار را داشته‌اند. همچنین مشخص شد شهرستان‌های نوار شرقی استان یعنی سنقر و هرسین به ترتیب با ٥٤٤ و ٥٣٢ روز در سال کمترین روزهای همراه با گرد و غبار را داشته‌اند و کمتر متأثر از ریزگردها بوده‌اند و آسیب کمتری دیده‌اند.

ریشه‌یابی علل و عوامل منجر به خسارات سنگین حاصل از پدیدهٔ ریزگردها، پایهٔ سیاست‌گذاری و تدوین برنامه‌های مناسب پیشگیری و مقابله با بحران‌های طبیعی و اولویتی در تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی راهبردی است.

در مناطق مطالعه‌شده، گرد و غبار به دلایل مختلفی چون دخالت‌های بشری در استفادهٔ غیرمنطقی از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، خشک‌شدن تالاب هورالهویزه (هورالعظیم)، بیابانی‌شدن زمین‌های زراعی در کشور عراق، سدسازی روی سرچشمه‌های دجله و فرات در کشورهای ترکیه و سوریه، از بین رفتن پوشش گیاهی و عملیات‌های اکتشافی وزارت نفت به وجود می‌آید؛ همچنین شهرستان‌های نوار غربی استان کرمانشاه به دلیل موقعیت جغرافیایی و هم‌جواری با پهنه‌های بزرگی از مناطق بیابانی بارها در معرض پدیدهٔ نامطلوب گرد و غبار قرار می‌گیرند. با حاکمیت شرایط خشکسالی در سال‌های اخیر، وقوع این پدیده شدت و تداوم بیشتری یافته و خسارات جبران‌ناپذیری را به مردم این مناطق تحمیل کرده است.

عوارض منفی ریزگردها به مرزهای یک کشور محدود نیست و به همین دلیل معضلی فرامرزی به شمار می‌آید. تأثیرات محیطی ریزگردها در فواصلی بسیار دورتر از مناطق منشأ احساس می‌شود. این مسئله به علت امکان حمل گرد و غبارها و رسوب این ذرات در مناطق دوردست روی می‌دهد. برخلاف آلودگی‌های صنعتی و فاضلاب‌ها، ریزگردها نوعی آلودگی بی‌مکان هستند. منشأ آلودگی‌های بی‌مکان بسیار گسترده و متغیر و درست به همین دلیل، کنترل و مقابله با ریزگردها بسیار مشکل است.

باید این واقعیت را بپذیریم که ما همچنان پدیدهٔ گرد و غبار را تجربه خواهیم کرد و زمانی با کاهش این وضعیت روبه‌رو خواهیم شد که زمین دوباره رطوبت مناسب را جذب کند و بارندگی مؤثری در بخش‌های غربی خاورمیانه ازجمله عراق، عربستان، کویت و ایران روی دهد و هورالعظیم دوباره همانند گذشته پرآب شود.

با توجه به اینکه مشکل ریزگردها مشکلی فرامرزی است و برای کنترل و مهار آن به اقدامات مشترک بین‌المللی نیاز است، اگر درزمینهٔ مهار و کنترل ریزگردها نمی‌توان در خارج از مرزها به تعاملات و اقدامات مشترک مناسب برای حل این مسئله دست یافت، دست‌کم باید در داخل کشور فضای سبز را افزایش داد و در نواحی مرزی بادشکن

و کمربند سبز ایجاد کرد و درختان جنگلی (همچون اکاپیتوس میکروتسا[1]، اکالیپتوس کاملدولونسیس[2]، آکاسیا سالیسینا[3] و آکاسیا مودستا[4]) کاشت و جنگل‌های دست‌کاشت، احداث و آنها را مدیریت کرد؛ زیرا هر هکتار جنگل تا ٦٨ تن گرد و خاک را در خود رسوب می‌دهد؛ از سویی وجود جنگل‌های دست‌کاشت در مناطق بیابانی نیز باعث تثبیت شن‌های روان، ایجاد تعادل اکولوژیکی و حفاظت از منابع آب و خاک مناطق زیر پوشش می‌شود.

همچنین برای جلوگیری از وخیم‌ترشدن شرایط بهتر است به قوانین بین‌المللی وضع‌شده در حوزهٔ مسائل زیست‌محیطی و کنوانسیون‌های بین‌المللی تسریع در برنامه‌های بیابان‌زدایی و مهار فرسایش بادی رجوع شود و مسئولان کشور و استان‌های مرزی (اهواز، ایلام و به‌ویژه کرمانشاه) متأثر از پدیدهٔ گرد و غبار با افزایش روابط دیپلماتیک با کشورهایی که کانون ریزگردها هستند (عراق، عربستان، سوریه، اردن و کویت) برای کاهش آثار ریزگردها اقداماتی مشترک مانند مالچ‌پاشی اراضی ماسه‌ای و... انجام دهند.

نباید فراموش کرد که با پیشرفت‌های سریع علم و فناوری در دنیای امروز انسان توانسته است با بسیاری از تهدیدها و مشکلات محیطی مقابله کند. اقدامات صورت‌گرفته در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته مؤید این امر است و خواهد بود و این کشورها به‌وضوح در این زمینه بسیار موفق بوده‌اند. درنتیجه امید می‌رود با نگاهی به اقدامات صورت‌گرفته در این کشورها و تطبیق محیط‌های همسان و شبیه آنها با کشورمان، بتوان با به‌دست‌آوردن راه‌حل‌های مناسب در جهت مدیریت بهینه و توسعهٔ پایدار این مناطق گام برداشت.

در پایان می‌توان گفت که کنترل و مدیریت پدیدهٔ بیابان‌زایی، فراتر از وظایف یک سازمان یا یک وزارتخانه است و مقوله‌ای فرابخشی، ملی و حتی بین‌المللی محسوب می‌شود و کنترل آن حمایت همه‌جانبه و در یک کلام عزم ملی را می‌طلبد.

منابع

احمدی، عبدالمجید، شایگان‌پور، ناهید، (۱۳۸۹). **فرسایش بادی و روش‌های کنترل آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران**، دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار، یزد.

ادارهٔ کل هواشناسی استان کرمانشاه، (۱۳۹۷). **بارش‌های ماهانهٔ استان کرمانشاه**، دردسترس در سایت: www.kermanshahmet.ir.

آروین، عباسعلی، چراغی، صدیقه، چراغی، شهرام، (۱۳۹۲). **بررسی تأثیر گرد و غبار بر روند کمی و کیفی رشد نیشکر واریته CP57-614**، مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ٤٥، شمارهٔ ۳، ۹٥– ۱۰٦.

بابایی، محمدحسین، همزه‌ای، محمدرضا، پاپ‌زن، عبدالحمید، قربانی، سهیلا، وصی‌محمدی، فرشته، (۱۳۹۷ الف). **بحران ریزگردها و عوامل شکل‌گیری**، دومین همایش بین‌المللی گرد و غبار، ایلام، دانشگاه ایلام، ۱۱۳۷– ۱۱٤۳.

1. Eucalyptus Microtheca
2. Eucalyptus camaldulensis
3. Acacia Salicina
4. Acacia Modesta

بابایی، محمدحسین، همزه‌ای، محمدرضا، پاپ‌زن، عبدالحمید، قربانی، سهیلا، (۱۳۹۷ ب). **بحران ریزگردها؛ شناسایی مناطق تولید ریزگردها در دنیا**، دومین همایش بین‌المللی گرد و غبار، ایلام، دانشگاه ایلام، ۱۱٤٤– ۱۱۵۲.

بابایی، محمدحسین، وصی‌محمدی، سمیره، همزه‌ای، محمدرضا، پاپ‌زن، عبدالحمید، قربانی، سهیلا، (۱۳۹۷ ج). **چرا باید از ریزگردها ترسید؟** دومین همایش بین‌المللی گرد و غبار، ایلام، دانشگاه ایلام، ۱۱۵۳– ۱۱٦۲.

بابایی، محمدحسین، (۱۳۹۱). **شناسایی آثار زیست‌محیطی گرد و غبار بر بخش کشاورزی و ارائهٔ راهکارهای مدیریتی**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، استاد راهنما: پاپ‌زن، عبدالحمید، دانشگاه رازی، دانشکدهٔ کشاورزی.

بحیرایی، حمید، ایازی، سید محمدهادی، رجایی، محمدعلی، احمدی، حمزه، (۱۳۹۰). **تحلیل آماری سینوپتیکی پدیدهٔ گرد و غبار در استان ایلام**، فصلنامهٔ علمی‌پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی، سال ٤، شمارهٔ ۱، ٤۷– ٦۷.

بوچانی، محمدحسین، فاضلی، داریوش، (۱۳۹۰). **چالش‌های زیست‌محیطی و پیامدهای ناشی از ریزگردها و پیامدهای آن در غرب کشور**، فصلنامهٔ ره‌نامهٔ سیاست‌گذاری، سال ۲، شمارهٔ ۳، ۱۲٦– ۱٤۱.

پوردیهیمی، شهرام، بینا، محسن، (۱۳۹۳). **بررسی تأثیر جهت ساختمان بر کاهش آلودگی ناشی از ریزگردها در مجموعه‌های ساختمانی؛ مورد مطالعاتی: بناهای شهر دزفول**، مطالعات معماری ایران، دورهٔ ۳، شمارهٔ ٦، ٤۱– ٦۳.

پورعلی، ملیحه، تقی‌زاده، عبدالحکیم، (۱۳۹۰). **بررسی علل و منشأ ایجاد گرد و غبار در استان خوزستان**، فصلنامهٔ رشد آموزش جغرافیا، دورهٔ ۲۵، شمارهٔ ۹٤، ۸– ۱۳.

جعفری، رضا، (۱۳۹۰). **ماهیت و اهمیت طوفان‌های گرد و غبار**، مجلهٔ علمی، اجتماعی و اقتصادی جنگل و مراتع، شمارهٔ ۸۹، ۱۵– ۱۹.

حسنی اصفهانی، سارا، (۱۳۹۰). **سایهٔ مرگ ریزگردهای عربی بر سر درختان ایران، دام، کشت و صنعت**، نشریهٔ دام و کشت، شمارهٔ ۱۳٦.

حلبیان، امیرحسین، (۱۳۸۹). **تحلیل همدید ارتباط پرفشار آزور با دماهای بیشینهٔ ایران**، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، دورهٔ ۲۵، شمارهٔ ۱ (پیاپی ۹٦)، ۵۱– ۷۸.

حیدری، محمدطالب، (۱۳۹۰). **همه چیز برای طغیان گرد و غبار فراهم است**، دردسترس در سایت: http://hamshahrionline.ir/details/132671.

خالدی، کوهسار، (۱۳۹۲). **زیان‌های اقتصادی طوفان گرد و غبار به استان‌های غربی ایران؛ مطالعهٔ موردی: ایلام، خوزستان و کرمانشاه**، مدل‌سازی اقتصادی، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۳ (پیاپی ۲۳)، ۱۰۵– ۱۲۵.

خسروی، محمود، (۱۳۸۹). **بررسی توزیع عمودی گرد و غبار ناشی از طوفان در خاورمیانه با استفاده از مدل NAAPS؛ مورد: سیستان ایران**، مجموعه‌مقالات چهارمین کنگرهٔ بین‌المللی جغرافی‌دانان جهان اسلام.

خیراللهی، محبوبه، (۱۳۹۳). **واکاوی آسیب‌پذیری کشاورزان گندمکار شهرستان دهلران دربرابر ریزگردها**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه رازی، دانشکدهٔ کشاورزی.

دولتشاهی پیروز، محرم، طهماسبی آشتیانی، هادی، (۱۳۸۹). **انسان، انرژی، محیط‌زیست و چشم‌اندازی به آینده**، فصلنامهٔ راهبرد، سال ۱۹، شمارهٔ ٥٦، ۳۱۳– ۳٤۳.

ذوالفقاری، حسن، عابدزاده، حیدر، (۱۳۸٤). **تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گرد و غبار در غرب ایران**، جغرافیا و توسعه، دورهٔ ۳، شمارهٔ ٦، ۱۷۳– ۱۸۸.

ذوالفقاری، حسن، معصوم پورسماکوش، جعفر، شایگان‌مهر، شاپور، احمدی، محمد، (۱۳۹۰). **بررسی همدید طوفان‌های گرد و غباری در مناطق غربی ایران طی سال‌های ۱۳۸٤ تا ۱۳۸۸؛ مطالعهٔ موردی: موج فراگیر تیرماه ۱۳۸۸**، مجلهٔ جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲، شمارهٔ ۳، ۱۷– ٤٥.

رحیمی، مجتبی، (۱۳۹٤). **آب و هواشناسی عمومی**، چاپ اول، تهران، مدرسان شریف.

رسولی، علی‌اکبر، ساری‌صراف، بهروز، محمدی، غلامحسن، (۱۳۹۰). **تحلیل روند وقوع پدیدهٔ اقلیمی گرد و غبار در غرب کشور در ٥٥ سال اخیر با به‌کارگیری روش‌های آماری ناپارامتری**، فصلنامهٔ جغرافیای طبیعی، سال ٤، شمارهٔ ۱۱، ۱– ۱٦.

روشن، غلامرضا، خوش‌اخلاق، فرامرز، نگهبان، سعید، میرکتول، جعفر، (۱۳۸۸). **تأثیر آلودگی هوا بر نوسانات اقلیمی شهر تهران**، علوم محیطی، دورهٔ ۷، شمارهٔ ۱، ۱۷۳– ۱۹۲.

سازمان هواشناسی کشور، (۱۳۸۷). **مجموعهٔ دستورالعمل کدها و روش‌های دیدبانی سطح زمین (سینوپ)**، دردسترس در سایت: https://www.usb.ac.ir/FileStaff/7318_2018-12-7-20-36-56.pdf.

شاهسونی، عباس، یاراحمدی، مریم، جعفرزاده حقیقی‌فرد، نعمت‌الله و همکاران، (۱۳۸۹). **آثار طوفان‌های گرد و غبار بر سلامت و محیط‌زیست**، مجلهٔ دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، دورهٔ ۲، شمارهٔ ٤، ٤٥– ٥٦.

شهبازی، طیبه، سعیدی، محسن، نصرتی، ایرج، جلالی هنرمند، سعید، (۱۳۹٥). **بررسی اثر ریزگردها بر خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد ارقام مختلف گندم (Triticum sp.)**، فرایند و کارکردهای گیاهی، جلد ٥، شمارهٔ ۱٥، ۱۹٥– ۲۰۳.

صابوری، رزا، افخمی، مهران، زراسوندی، علیرضا، خدادادی، مژگان، (۱۳۹۰). **تعیین میزان اثرپذیری پارامترهای کیفی آب رودخانهٔ کارون در شرایط رخداد پدیدهٔ گرد و غبار در قالب مدل پیش‌بینی؛ مطالعهٔ موردی: مقطع شهری اهواز**، فصلنامهٔ علمی‌پژوهشی تالاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، سال ۲، شمارهٔ ۷، ٤۷– ٥٦.

صادقی، حسین، امامقلی‌پور، سارا، (۱۳۸۷). **مطالعهٔ تأثیر بلایای طبیعی بر تولید ناخالص داخلی غیرنفتی در ایران**، مجلهٔ تحقیقات اقتصادی، دورهٔ ٤۳، شمارهٔ ۸۳، ۱۱٥– ۱۳٦.

طاووسی، تقی، خسروی، محمود، رئیس‌پور، کوهزاد، (۱۳۸۹). **تحلیل همدیدی سامانه‌های گرد و غباری در استان خوزستان**، مجلهٔ جغرافیا و توسعه، دورهٔ ۸، شمارهٔ پیاپی ۲۰، ۹۷– ۱۱۸.

عبدی‌نژاد، غلامعباس، (۱۳۸۹). **شرحی بر عوامل وقوع آثار زیان‌بار پدیدهٔ گرد و غبار و چگونگی کنترل آن**، ماهنامهٔ خبری، تحلیلی، پژوهشی سبزینه، سال ۵، شمارهٔ ٤۳، ٤۲– ٤٦.

عساکره، حسین، قائمی، هوشنگ، فتاحیان، مختار، (۱۳۹۵). **اقلیم‌شناسی مرز شمالی پشتهٔ پرفشار جنب حاره بر روی ایران**، نشریهٔ پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال ۷، شماره‌های ۲۵ و ۲٦، ۲۱– ۳۲.

عطایی، هوشمند، احمدی، فریبرز، (۱۳۸۹). **بررسی گرد و غبار به‌عنوان یکی از معضلات زیست‌محیطی جهان اسلام؛ مطالعهٔ موردی: استان خوزستان**، زاهدان، چهارمین کنگرهٔ بین‌المللی جغرافی‌دانان جهان اسلام، ۱– ۱۹.

فتاحی، ابراهیم، قناد، هما، (۱۳۸۹). **تحلیل الگوهای سینوپتیکی طوفان‌های گرد و خاک در منطقهٔ جنوب غرب ایران**، فصلنامهٔ علمی‌پژوهشی جغرافیا، دورهٔ ٤، شمارهٔ ۱۲، ٤۹– ٦۲.

قربانیان، جبراییل، (۱۳۹٤). **پیشگیری از طوفان ریزگردها و وزن‌دهی معیارهای پیشگیری؛ مورد مطالعه: هورالعظیم**، فصلنامهٔ علمی‌پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران، سال ۱۳، شمارهٔ ٤۷، ۲٦۹– ۲۸٦.

کرمانشاه، امیرحسین، (۱۳۹۰). **بررسی علل وقوع گرد و غبار در مناطق غربی کشور و تأثیر آن بر تغییرات اقلیم کشور**، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، استاد راهنما: تجریشی، مسعود، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکدهٔ مهندسی عمران.

کاویانی، محمدرضا، مسعودیان، سید ابوالفضل، حلبیان، امیرحسین، (۱۳۸۷). **بررسی تأثیر سامانهٔ پرفشار آزور بر بارش ایران‌زمین**، تحقیقات جغرافیایی، دورهٔ ۲۳، شمارهٔ ۱ (پیاپی ۸۸)، ۲۵– ۵۰.

مرزی نوحدانی، مهرناز، فرشچی، پروین، (۱۳۹۵). **پیامد ریزگردها و چالش‌های حقوقی ایران در حوزهٔ بین‌الملل**، اردبیل، اولین همایش بین‌المللی مخاطرات طبیعی و بحران‌های زیست‌محیطی ایران، راهکارها و چالش‌ها، ۱– ۱۱.

ملکی، طاهره، شاه‌مرادی، مهنا، صحرایی، ماریا و همکاران، (۱۳۹۲). **بررسی آثار پدیدهٔ گرد و غبار بر بخش کشاورزی شهرستان سرپل ذهاب**، لرستان، اولین همایش بین‌المللی ریزگردها، مدیریت عوامل و پیامدها، ۱– ۲۰.

ندافی، کاظم، (۱۳۸۸). **آلودگی هوا با تأکید بر ریزگردها و آثار بهداشتی و زیست‌محیطی آنها**، تهران، دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکدهٔ بهداشت.

Achudume, A.C., Oladipo, B.O., (2009). **Effects of Dust Storm on Health in the Nigerian**, Environment Biology and Medicine, Vol. 1 (4).

Al- Faraji, Fadahi, (2001). **Ating Desertification in Iraq**, Desestification Control Bulletin.

Brown, P.R., Nelson, R., Jacobs, B., Kokic, P., Tracey, J., Ahmed, M., DeVoil, P., (2010). **Enabling natural resource managers to self-assess their adaptive capacity**, Agricultural Systems, 103 (8), 562-568.

Chen, Y.S., Sheen, P.C., Chen, E.R., Liu, Y.K., Wu, T.N., Yang, C.Y., (2004). **Effects of Asian dust storm events on daily mortality in Taipeh**, Taiwan, Environment Research, 95, 151-155.

Christopher, S.A., Jones, Th.A., (2010). **Satellite and Surface-based Remote Sensing of Saharan Dust Aerosols**, Remote Sens, Environ, 114 (5).

Darwish, M., (2012). **The Dust; made it from a geographical reality to a human disaster**, Malayer: First conference on dry areas.

Delpisheh, A., (2010). **Dust Phenomenon and Health**, Clinical Epidemiology, Ilam University of Medical Sciences.

Ebadat, V., (2010). **Dust Explosion Hazard Assessment**, J. Loss Prevent. Proc. 23 (6).

Englestadler, S., (2001). **Dust Storm Frequehcies and their Relationship to Land Surface Conditions**, Fridrich-Schiller University, Jena

Englestadter, S., Tegen, I., Washington, R., (2006). **North African Dust Emissions and Transport**, Earth-Science Reviews, 79 (1-2).

Fattahi, E., Noohi, k., Shiravand, H., (2012). **Study of Synoptical Patternns of Dust Storms at South West Region of Iran**, Desert 17, 49-55, Online at http://jdesert.ut.ac.ir.

Goudie, A.S., Middleton, N.J., (2006). **Desert Dust in the Global System**, Springer, Germany.

Griffin, D.W., (2007). **Atmospheric Movement of Microorganisms in Clouds of Desert Dust and Implications for Human Health**, Clinical Microbiology Reviews, 20 (3), 459-477.

Griffin, D.W., Garrison, V.H., Herman, J.R., Shinn, E.A., (2003). **African desert dust in the Caribbean atmosphere: microbiology and public health**, Aerobiologia, 17: 203-213.

Hua, N.P., Kobayashi, F., Iwasaka, Y., Shi, G.Y., Naganuma, T., (2007). **Detailed identification of desert-originated bacteria carried by Asian dust storms to Japan**, Aerobiologia, 23 (4), 291-8.

Kaskaoutis, D.G., Kambezidis, H.D., Nastos, P.T., Kosmopoulos, P.G., (2008). **Study on an Intense Dust Storm over Greece**, Atmos, Environ, 42 (29).

Kellogg, C.A., Griffin, D.W., Garrison, V. H., Peak, H. K., Royall, N., Smith, R.M., Shinn, E.A., (2004). **Characterization of aerosolized bacteria and fungi from desert dust events in Mali: West Africa**, Aerobiologia, 20, 99-110.

Krueger, B.J., Grassian, V.H., Cowin, J.P., Laskin, A., (2004). **Heterogeneous chemistry of individual mineral dust particles from different dust source regions: the importance of particle mineralogy**, Atmospheric Environment, 38 (36), 6253- 61.

Lin, G., (2002). **Dust Bowl in the 1930 and Sand Storm in 1999 in the USA**, Global Alarm: Dust and Sand Storms from the Word Drylands, United Nations.

Meng, Z., Zhang, Q., (2007). **Damage effects of dust storm PM2.5 on DNA in alveolar macrophages and lung cells of rats, Food and Chemical Toxicology**, 45, 1368-1374.

Mckwnzie, E., Prasad, B., Kaloumaria, A., (2005). **Economic Impact of Natural Disaster on Development in the Pacific. Economic Assessment Tools**, University of the South Pacific (USP), Vol. 2.

Narayan, P.K., (2003). **Macroeconomic Impact of Natural Disasters on a Small Island Economic**, Evidence from a CGE Model, Applied Economics Letters, 10, 721-723.

Noy, I., (2006). **The Macroeconomic Costs of Natural Disaster**, Preliminary Text, Department of Economic, University of Hawaii.

Prospero, J.M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.E., Gill, T.E., (2002). **Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 total ozone mapping spectrometer absorbing aerosol product**, Rev. Geophys, 40, 2-31.

Stefanski, R., Sivakumar, M.V.K., (2006). **Impacts of Sand and Dust Storms on Agriculture and Potential Agricultural Applications of a SDSWS, WMO/GEO ExpertMeetingonan International Sandand Dust Storm Warning System IOP Publishing**, IOP Conf. Series: Earthand Environmental Science, 012016doi:10.1088/1755-1307/7/1/012016.

Washington, R., Todd, M., Middleton, N.J., Goudie, A.S., (2003). **Dust Storm Source Areas Determined by the Total Ozone Monitoring Spectrometer and Surface Observations**, Ann. Assoc. Am. Geogr, 93 (2).

Xuan, J., Sokolik, I.N., Hao, J., Guo, F., Mao, H., Yang, G., (2004). **Identification and Characterization of Sources of Atmospheric Mineral Dust in East Asia**, Atmospheric Environment, 38 (36).

Yang, H., Ye, B., Ji, X., (2003). **Concentration and chemical composition of PM2.5 in Shanghai for a 1-year period**, Atmospheric Environment, 37 (4), 449-510.

Zhao, L., Zhao, S., (2006). **Diagnosis and Simulation of Rapidly Developing Cyclone Related to a Severe Dust Storm in East Asia**, Global Planet, Change, 52.