

Evaluation and Prioritization of the Effects of Dust on Urban Environment (Case Study: Kerman)

Parvanak K*¹, Khamisabadi A²

1. Assistant Prof., Department of Agriculture, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Masters of Science of HSE Management, Zahedan Branch, Islamic Azad University, Zahedan, Iran

* *Corresponding author.* Tel: +989133826807, Fax: +982155229297, E-mail: kamran.parvanakb@gmail.com

Received: Jul 22, 2019 Accepted: Dec 17, 2020

ABSTRACT

Background & objectives: The phenomenon of dust is very critical and catastrophic in our country, especially in Kerman region. Part of the damage caused by this phenomenon is due to lack of sufficient recognition of the impact of dust on the environment. Therefore, the present study conducted to evaluate and prioritize the effects of dust on water, air, soil and animal and plant ecosystems in Kerman city in 2019 in order to inform citizens and authorities about the damage caused by this phenomenon and to plan for controlling them.

Methods: The research method was applied descriptive-analytical study. Five criteria including aquatic, soil, air, plant and animal ecosystems, each with 4 sub-criteria, were considered for measuring the environmental effects of dust. Library and field studies (in the form of questionnaires, observations and interviews) were used to collect the information. The statistical population of the study was all environmental experts in Kerman. VIKOR model was used to rank the measurement criteria.

Results: Among the criteria studied using VIKOR model, air, water and soil criteria with quality level of 0, 0.105 and 0.351 were in the first, second and third ranks of negative dust effects, respectively. Animal and plant ecosystems with a quality level of 0.656 were ranked fourth. Among the research indices, the index of endangering the public health of citizens by increasing heavy metals, threatening the city's drinking water resources and increasing respiratory diseases with an average of 4.07, 4.04 and 4.01 were in the highest average of harmful effects of dust, respectively.

Conclusion: Based on the findings, among the 5 criteria studied, dust had the most negative effect on the air of Kerman and then on the water and soil of the region, respectively. Therefore, based on the priority obtained in this study and coherent planning, Kerman urban crisis management can take successful steps to reduce and deal with the dust phenomenon.

Keywords: Prioritization; Environmental Management; Impact Assessment; Dust; Soil; Water; Air

ارزیابی و اولویت‌سنجی تأثیرات گرد و غبار بر محیط زیست شهری (مطالعه موردی: شهر کرمان)

کامران پروانک^{۱*}، افسانه خمیس آبادی^۲

۱. استادیار گروه کشاورزی، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲. کارشناسی ارشد HSE، واحد زاهدان، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۳۳۸۲۶۸۰۷ فکس: ۰۲۱۵۵۲۲۹۲۹۷ ایمیل: kamran.parvanakb@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: پدیده گرد و غبار در کشور ما به ویژه منطقه کرمان بسیار بحران‌زا و حادثه‌ساز است. بخشی از دلایل خسارت به عدم شناخت کافی اولویت تأثیر این پدیده بر محیط زیست برمیگردد. به همین دلیل مطالعه حاضر با هدف ارزیابی و اولویت‌بندی اثرات گرد و غبار بر معیارهای آب، هوا، خاک، زیست‌بوم جانوری و گیاهی شهر کرمان جهت آگاهی‌دادن به شهروندان و مسئولین از خسارات ناشی از این پدیده و برنامه‌ریزی برای کنترل آن در سال ۱۳۹۸ انجام شد.

روش کار: نوع تحقیق کاربردی و روش تحقیق توصیفی-تحلیلی بود. ۵ معیار شامل اکوسیستم آبی، خاک، هوا، زیست‌بوم گیاهی و زیست‌بوم جانوری هر کدام با ۴ زیر معیار به عنوان معیارهای سنجش تأثیرات زیست‌محیطی گرد و غبار در نظر گرفته شد. برای گردآوری اطلاعات از روش‌های کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی (به صورت پرسشنامه، مشاهده و مصاحبه) استفاده گردید. جامعه آماری پژوهش کلیه متخصصین در امر محیط زیست در شهر کرمان بودند. به منظور رتبه‌بندی معیارهای سنجش از مدل VIKOR استفاده شد.

یافته‌ها: از میان معیارهای مورد بررسی، معیارهای هوا، آب و خاک با استفاده از مدل VIKOR با درجه کیفیت ۰/۱۰۵، ۰/۳۵۱ و ۰/۳۵۱ به ترتیب در رتبه اول، دوم و سوم تأثیرات منفی گرد و غبار قرار داشتند. معیارهای زیست‌بوم جانوری و گیاهی با درجه کیفیت ۰/۶۵۶ در رتبه چهارم قرار گرفتند. در بین شاخص‌های پژوهش، شاخص به خطر انداختن سلامت عمومی شهروندان با افزایش فلزات سنگین، تهدید منابع آب شرب شهر و افزایش بیماری‌های تنفسی به ترتیب با میانگین ۴/۰۷، ۴/۰۴ و ۴/۰۱ بالاترین میانگین اثرات زیانبار گرد و غبار را به خود اختصاص دادند.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌ها، از میان ۵ معیار مورد بررسی، گرد و غبار بیشترین تأثیر منفی را بر روی هوای شهر کرمان و بعد از آن به ترتیب بر روی آب و خاک منطقه داشت. بنابراین مدیریت بحران شهری کرمان بر اساس اولویت به دست آمده و برنامه‌ریزی منسجم می‌تواند گام‌های موفقی در جهت کاهش و مقابله با پدیده گرد و غبار بردارد.

واژه‌های کلیدی: اولویت‌سنجی، مدیریت محیط زیست، ارزیابی اثرات، گرد و غبار، خاک، آب، هوا

دریافت: ۱۳۹۸/۴/۳۱ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۲۷

مقدمه

جنب‌حاره‌ای رخ می‌دهد (۱). این پدیده یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی است که مردم کشور ما به‌ویژه ساکنین شهرستان کرمان را در چند سال اخیر

پدیده گرد و غبار رخداد طبیعی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک و به‌ویژه در عرض‌های

به شدت رنج می‌دهد (۲). پهنه‌بندی تعداد روزهای همراه با پدیده گرد و غبار در استان کرمان با استفاده از تکنیک سامانه اطلاعات جغرافیایی نشان داد ایستگاه کرمان دارای بیشترین روزهای همراه با پدیده گرد و غبار بود. همچنین روند ماهانه ایستگاه نشان داد که ماه‌های اسفند تا تیر دارای بیشترین روزهای گرد و غبار و بقیه ماه‌ها دارای کمترین روزهای گرد و غبار بودند (۳). از جمله عوامل موثر در بروز پدیده گرد و غبار در شهر کرمان می‌توان به وجود کویر بزرگ لوت در حاشیه استان کرمان، کاهش نسبی بارش و افزایش دما، تغییر الگوی بارندگی و فرسایش سطح زمین به دلیل خشکسالی و بادهای محلی فصلی ۱۲۰ روزه اشاره کرد (۴).

از طرفی پراکنش گرد و غبار در محیط‌های آبی سبب گل‌آلود شدن آب‌های سطحی منطقه کرمان با انواع آلاینده‌های مضر شده است و مخازن آبی را که تنها منبع نگهداری و تأمین آب شرب کرمان می‌باشد مورد تهدید جدی قرار داده است (۵). همچنین ورزش بادهای شدید بر سطح زمین‌های خشکیده منطقه، علاوه بر فرسایش سطح زمین‌ها کشاورزی و مراتع، با فرونشست دانه‌های ریز گرد بر سطح زمین‌ها باعث کاهش نفوذپذیری آن‌ها، کاهش ارزشمندی خاک برای رشد و حیات گیاهان و جانوران و افزایش سرعت بیابان‌زایی در منطقه شده است. به طوری که طبق گزارشات موجود کانون‌های بحرانی بیابانی در منطقه به ۵۰۰ هکتار رسیده است (۶). تاثیر تولید و پراکنش ریزگردها در منطقه کرمان نیز سبب کاهش تنوع زیستی و حیات جانوران، تغییر در عادات غذایی، مهاجرت حیات وحش، افزایش بیماری‌های جانوری و گیاهی، هجوم حشرات بر پوشش گیاهی و کاهش پوشش گیاهی بومی منطقه گردیده است (۷). در بررسی ترکیب شیمیایی گرد و غبار منطقه شهداد کرمان اکسیدهای سیلیسیوم، آهن، منگنز، کلسیم، آلومینیوم و سدیم به عنوان ترکیب اکسیدهای مهم منطقه معرفی شدند که می‌توانند بر روی جوامع

مختلف انسانی، گیاهی و جانوری اثرات سوء زیست محیطی داشته باشند (۸). پدیده گرد و غبار، به عنوان یکی از مهم‌ترین اشکال آلودگی جوی از ابعاد مختلفی مورد توجه محققان قرار گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعه طوفان‌های گرد و غبار در کشور ترکمنستان (۹)، بررسی ویژگی‌ها و ترکیبات اجزای سازنده طوفان‌های گرد و غبار در شهر ریاده عربستان سعودی (۱۰)، مطالعه گرد و غبار و تاثیر آن بر آب و هوای کشور چین (۱۱) و بررسی ماهیت و اثرات گرد و غباری صحرای آفریقا (۱۲) اشاره نمود.

با عنایت به مطالب بالا و خسارات زیاد پدیده گرد و غبار و احتمال افزایش وقوع آن در سال‌های آتی، لزوم توجه به آن از سوی دولت و ارائه راهکارهای مناسب در این زمینه ضروری است. بخش عمده‌ای از دلایل خسارت‌ها مربوط به عدم شناخت علمی اولویت‌ها در جهت روش برخورد با این پدیده می‌باشد (۱۳). از این رو، ارزیابی و شناخت کافی پدیده گرد و غبار و اولویت‌بندی اثرات این پدیده بر آب، هوا، خاک، زیست‌بوم جانوری و گیاهی شهر کرمان ضروری به نظر می‌رسد و به ما این کمک را می‌کند که بتوانیم برنامه‌های دقیق، علمی و کاربردی را برای جلوگیری و کاهش خسارات این مخاطره محیطی طرح‌ریزی کنیم (۱۴). روش‌ها و تکنیک‌های زیادی برای تحلیل استراتژیک و رتبه‌بندی اثرات گرد و غبار بر محیط زیست می‌تواند به کار برده شود که در این میان تکنیک ویکور^۱ یکی از مدل‌های پرکاربرد و متداول در تصمیم‌گیری چند معیاره و انتخاب گزینه برتر است که توسط اپرکویک^۲ و تزنگ^۳ (۱۹۸۴) برای حل یک مسئله تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای نامتناسب و واحدهای اندازه‌گیری مختلف و متضاد توسعه داده شده است (۱۵). تأکید این روش بر رتبه‌بندی و انتخاب از یک مجموعه گزینه‌ها تمرکز

¹ VIKOR

² Opericovic

³ Tezeng

داشته و جواب‌های سازشی را برای حل مسأله با معیارهای متضاد تعیین می‌کند. در شرایطی که فرد تصمیم‌گیرنده قادر به شناسایی و بیان برتری‌های یک مسئله در زمان شروع و طراحی آن نیست، این روش می‌تواند به عنوان ابزاری مؤثر برای تصمیم‌گیری مطرح شود. در واقع مدل ویکور از طریق ارزیابی گزینه‌ها بر اساس معیارها، گزینه‌ها را اولویت‌بندی می‌کند (۱۶).

در داخل کشور مطالعاتی در زمینه رتبه‌بندی اثرات ریزگردها بر آب، هوا، خاک، زیست‌بوم جانوری و گیاهی انجام شده است. به عنوان مثال در ارزیابی اثرات ریزگردهای حاصل از طوفان‌های بادهای ۱۲۰ روزه در ۵ شهر منطقه سیستان با استفاده از مدل VIKOR از ۴ مولفه اصلی (اثرات اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و زیست محیطی) استفاده گردید. نتایج نشان داد شهرهای هیرمند و نیمروز با وزن معیار (۱) در رتبه اول و شهرهامون با وزن معیار (۰/۵۱۲) در رتبه آخر قرار گرفت (۱۷). بررسی اثرات زیست محیطی خشک شدن تالاب‌هامون بر منطقه سیستان با استفاده از مدل AHP به صورت $D > C > B > A > E$ بود که نشان می‌دهد از میان ۵ شاخص مورد مطالعه، شاخص (D) افزایش ریزگردها و آلودگی هوا با وزن معیار (۰/۱۳۲) در رتبه اول، شاخص (C) افزایش بیماری‌های تنفسی و تهدید سلامت مردم با وزن معیار (۰/۱۰۹) در رتبه دوم، شاخص (B) خسارت به گیاهان و حیوانات بومی منطقه با وزن معیار (۰/۰۹۸) در رتبه سوم، شاخص (A) فرسایش خاک با وزن معیار (۰/۰۸۷) در رتبه چهارم و در نهایت شاخص (E) تغییرات آب و هوایی منطقه با وزن معیار (۰/۰۳۹) در رتبه پنجم قرار دارد (۱۸). در بررسی و اولویت‌سنجی مخاطرات محیط طبیعی در شهر زابل مشخص شد، در منطقه سیستان عمده‌ترین مخاطرات طبیعی به ترتیب اولویت خشکسالی، طوفان، سیل و ماسه‌های روان می‌باشند، مطابق محاسبات انجام شده در مدل TOPSIS، خشکسالی با ۰/۹۰۹ درصد رایج‌ترین

مخاطرات طبیعی شهر زابل است (۱۹). ارزیابی اثرات زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و سلامتی ناشی از ریزگردها با استفاده از مدل سلسه تحلیل مراتبی (AHP) در شهر اهواز نشان داد، بیشترین صدمه را مردم مناطق درگیر از جنبه جسمی و روانی متحمل می‌شوند. دامنه و گستره تأثیرات ریزگرد بر نواحی درگیر بسیار زیاد بوده و بیشترین تأثیر را بر افزایش هزینه‌ها داشته است (۲۰). نتایج اولویت‌بندی تأثیرات گرد و غبار ناشی از کارخانه سیمان زواره نشان داد، عمده اثرات منفی زیست محیطی در بخش فیزیکی به ترتیب اولویت شامل آلودگی هوا و آلودگی صوتی و سپس آلودگی و فرسایش خاک و عمده اثرات منفی در بخش بیولوژیکی به ترتیب اولویت شامل تأثیر بر تراکم گونه‌های گیاهی و جانوری و کیفیت زیستگاه می‌باشد (۲۱). در تحقیق دیگری روش‌های پیشگیری از آثار پدیده گرد و غبار با استفاده از مدل AHP در استان خوزستان رتبه‌بندی شد. نتایج نشان داد، معیار عوامل کشوری با وزن ۰/۵۴۰ و عوامل برون کشوری با وزن ۰/۱۶۳ بالاترین و پایین‌ترین رتبه را به خود اختصاص داده است. همچنین زیر معیار اطلاع رسانی و آگاهی مردم از خطرات گرد و غبار از معیار عوامل کشوری با وزن ۰/۲۶۳ بیشترین رتبه و ریگ با وزن ۰/۰۳۴ در این معیار کمترین رتبه را به خود اختصاص داده‌اند (۲۲).

در خارج از کشور در مطالعات علوم محیطی از تحلیل مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در حل مسایل مربوط به مخاطرات زیست محیطی استفاده می‌شود. در این تحلیل‌ها روند کاربرد این مدل‌ها در مسائل محیطی بررسی شده است (۲۳). از قابلیت تکنیک چند معیاری DS/AHP با بسط مدل TOPSIS جهت ارزیابی موارد اضطراری گرد و غبار استفاده شده است (۲۴). از مدل‌های چند معیاری برای ارزیابی اثرات زیست محیطی گرد و غبار استفاده گردیده است (۲۵). از مدل‌های چند معیاری TOPSIS و AHP و منطق فازی برای ارزیابی وضعیت‌های پرخطر

گرد و غبار نیز استفاده شده است (۲۶). مطالعاتی در مورد تحلیل مدل‌های چند معیاری پیرامون انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی‌هایی که هماهنگ با توسعه پایدار هستند، انجام شده است (۲۷). نظر بر اینکه شهر کرمان یکی از کانون‌های متأثر از ریزگردها است و با توجه به بحران ناشی از پدیده گرد و غبار در این منطقه، ضرورت دارد تأثیرات ریزگردها و پیامدهای زیست محیطی آن بر معیارهای آب، هوا، خاک، زیست‌بوم جانوری و گیاهی شهر کرمان بررسی گردد. به همین دلیل پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و رتبه‌بندی اثرات گرد و غبار بر معیارهای آب، هوا، خاک، زیست‌بوم جانوری و گیاهی شهر کرمان جهت آگاهی‌دادن به شهروندان و مسئولین از خسارات ناشی از این پدیده و ارائه راهکارهایی جهت مبارزه با این پدیده انجام شد.

روش کار

شهرستان کرمان با مساحت ۱۸۳۲۸۵ کیلومتر مربع در قسمت جنوب شرقی ایران در ۲۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی و ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی واقع شده است. در تقسیم‌بندی اقلیمی دوماستن، نوع اقلیم نیمه‌خشک و میانگین بارندگی سالانه منطقه بر اساس آمار ۳۰ ساله (۲۰۱۷-۱۹۸۷) ایستگاه سینوپتیک کرمان، ۱۶۸ میلی‌متر به دست آمده

است. بر این اساس میانگین دمای هوا در منطقه ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد، متوسط دما در سردترین ماه برابر ۴/۶ و متوسط دما در گرمترین ماه سال ۳۴/۷ درجه سانتی‌گراد بوده است. همچنین میانگین سالانه رطوبت نسبی در منطقه ۳۲ درصد است. میانگین سالانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری، ۲/۳ متر بر ثانیه محاسبه گردیده است. میانگین سالانه تبخیر نزدیک به ۴۰۰۰ میلی‌متر از سطح تشتک‌های تبخیر برآورد گردیده است (۲۸).

تحقیق حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی بوده و روش انجام آن میدانی و پیمایشی بود. برای گردآوری اطلاعات در این پژوهش از روش‌های کتابخانه‌ای و اسنادی و پیمایشی با ابزار پرسشنامه استفاده شد. جامعه آماری پژوهش کلیه متخصصین در امر محیط زیست در شهر کرمان بودند که چهار شرط: داشتن تحصیلات آکادمیک (کارشناسی، کارشناسی ارشد و دکتری)، داشتن تجربه شغلی یا پیشینه پژوهشی در موضوع، داشتن زمان کافی برای مصاحبه و آشنایی به مسائل ریزگردها و اثرات زیست‌محیطی آن را دارا بودند. بر این اساس، ۱۸ نفر از پاسخگویان دارای تحصیلات لیسانس، ۳۰ نفر فوق‌لیسانس و ۱۲ نفر دکتری بودند. همچنین تعداد ۳۶ نفر از پاسخگویان را مردان و تعداد ۲۴ نفر را زنان تشکیل می‌دادند (جدول ۱).

جدول ۱. توزیع فراوانی نمونه‌های تحت بررسی برحسب تحصیلات و جنسیت

وضعیت پاسخگویان	تحصیلات		جنسیت
	فراوانی		
لیسانس	۱۸	۱۰	فراوانی زنان
فوق‌لیسانس	۳۰	۲۰	
دکتری	۱۲	۶	
مجموع	۶۰	۳۶	۲۴

شامل اکوسیستم آبی، خاک، هوا، زیست‌بوم گیاهی و زیست‌بوم جانوری هر کدام با ۴ زیرمعیار در نظر گرفته شد. لیست معیارها و زیر معیارها در جدول ۲

به منظور ارزیابی تأثیرات زیست محیطی گرد و غبار، مطالعه جامعی در خصوص معیارهای تحقیق در محدوده مورد مطالعه انجام شد و سپس ۵ معیار

ارائه شده است. در ادامه تعداد ۶۰ پرسشنامه توسط متخصصین مربوطه تکمیل گردید. سؤالات پرسشنامه در قالب طیف لیکرت (جدول ۳) طراحی و در اختیار کارشناسان قرار گرفت. پايی این پرسشنامه به روش آزمون مجدد ۸۵ درصد بوده و روایی آن از روش اعتبار محتوایی ۹۴ درصد محاسبه گردید. در مرحله بعدی داده‌ها وارد نرم افزار SPSS-10 گردید و وضعیت هر یک از معیارها و زیرمعیارهای پژوهش در زمینه تأثیرات ریزگردها بر آب، هوا، خاک، زیست‌بوم

جانوری و گیاهی شهر کرمان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از آماده‌سازی داده‌ها و اطلاعات، مراحل اجرای مدل تصمیم‌گیری VIKOR به صورت گام به گام اجرا گردید و نهایتاً با استفاده از این مدل معیارهای پژوهش بر اساس میزان اهمیت رتبه‌بندی شدند. برای رتبه‌بندی هر کدام از معیارها کدهای بین ۱ تا ۵ در نظر گرفته شد. در بخش زیر ضمن تشریح مختصر مدل ویکور مراحل انجام آن در تحقیق حاضر تشریح گردیده است.

جدول ۲. معیارها و زیر معیارهای مورد مطالعه

معیارها	زیر معیارها
زیست‌بوم آبی	گل‌آلود شدن آب‌های سطحی
	آلوده شدن آب‌های سطحی با آلاینده‌های مضر
	تهدید منابع آب شرب شهر
تأثیرات بر هوا	کاهش میزان نزولات جوی
	افزایش بیماری‌های تنفسی
	تأثیر بر گرمایش هوا
تأثیرات بر خاک	کاهش میزان اوزون جو
	به خطر انداختن سلامت عمومی شهروندان با افزایش فلزات سنگین
	کاهش ضخامت خاک
زیست‌بوم گیاهی	کاهش تدریجی حاصلخیزی
	تخریب کیفی و شور شدن خاک
	مدفون شدن خاک توسط ماسه‌های روان
زیست‌بوم جانوری	کاهش پوشش گیاهی
	کاهش تنوع زیستی
	افزایش بیماری‌های گیاهی
زیست‌بوم جانوری	هجوم حشرات به پوشش گیاهی بومی منطقه
	ترک زیستگاه‌ها توسط پرنده‌های مهاجر
	تلف شدن و کاهش تنوع جانوری
زیست‌بوم جانوری	تغییر در عادات غذایی و افزایش بیماری‌های حیات‌وحش
	حمله وحوش به روستاها و مزارع و افزایش شکار آن‌ها

جدول ۳. طیف لیکرت

عبارت کلامی	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
مقدار کمی	۱	۲	۳	۴	۵

تشریح مدل ویکور

تکنیک ویکور از جمله روش‌های تصمیم‌گیری چندمقیاسه است که برای حل یک مسئله تصمیم‌گیری

گسسته با معیارهای نامتناسب و واحدهای اندازه‌گیری مختلف و متعارض توسعه داده شده است. اگر در یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه

مرحله چهارم: تعیین بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود برای هر معیار می‌باشد. بهترین مقدار (F_j^*) و بدترین مقدار (F_j^-) برای معیارها به ترتیب از روابط (۴) و (۵) محاسبه می‌شوند. در این مطالعه بهترین مقدار برای معیارها با توجه به نقشه استاندارد شده فازی ۱ و بدترین مقدار صفر در نظر گرفته شد.

$$F_j^* = j \max f_{ij} = \max[(f_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, m] \quad (4)$$

$$F_j^- = j \min f_{ij} = \min[(f_{ij}) \quad j = 1, 2, \dots, n] \quad (5)$$

مرحله پنجم: محاسبه مقدار سودمندی یا حداکثر مطلوبیت (S) و مقدار تأسف (R) می‌باشد. در این مرحله مقدار S با توجه به رابطه (۶) و R با توجه به رابطه (۷) محاسبه می‌شوند:

$$S_j = \sum_{j=i}^n w_j \cdot (f^* - f_{ij}) / (f^* - f^-) \quad (6)$$

$$R_j = \max[w_j \cdot (f^* - f_{ij}) / (f^* - f^-)] \quad (7)$$

که W_j مقدار وزن مواد برای معیار j و f_{ij} هر نقشه معیار می‌باشد (۲۹).

جایی که S_i بیانگر نسبت فاصله گزینه i از راه حل ایده آل مثبت و R_i بیانگر نسبت فاصله گزینه i از راه حل ایده آل منفی بود، برترین رتبه بر اساس S_i و بدترین رتبه بر اساس ارزش R_i بدست آمد.

مرحله ششم: محاسبه شاخص VIKOR (مقدار Q) می‌باشد. مقدار Q با توجه به رابطه (۸) محاسبه می‌شود.

$$Q_j = \left(V \cdot \frac{S_j - S^*}{S^- - S^*} \right) + (1 - V) \cdot \left(\frac{R_j - R^*}{R^- - R^*} \right)$$

در معادله فوق:

V مقدار ثابتی است که همیشه برابر ۰/۵ می‌باشد.

$$R^- = \min R_i, \quad S^* = \max S_i, \quad S^- = \min S_i$$

$$R^* = \max R_i \text{ می‌باشد.}$$

مرحله هفتم: مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس مقادیر R ، S و Q است. در این مرحله با توجه به مقادیر R ، S و Q گزینه‌ها در سه گروه از کوچک‌تر به بزرگ‌تر

وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از این روش، مراحل الگوریتم پیاده‌سازی فازی ویکور دارای مراحل زیر است:

مرحله اول: تعریف معیارها و ایجاد ماتریس که به صورت رابطه (۱) است. این ماتریس بر اساس n آلترناتیو و m شاخص است که در آن عملکرد x_{ij} گزینه i ($i: 1, 2, \dots, m$) در رابطه با معیار j ($j: 1, 2, \dots, n$) می‌باشد.^۷

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله دوم: استانداردسازی ماتریس تصمیم که به صورت رابطه (۲) می‌باشد. در این مطالعه، مرحله مربوط به ارزش‌گذاری و استانداردسازی به صورت توأم و بر مبنای ارزش عضویت در مجموعه فازی در نظر گرفته شده است. ارزش عضویت یا درجه تعلق در یک مجموعه فازی را می‌توان با شماره‌هایی که دامنه آن بین مقادیری چون ۰ تا ۱ یا ۰ تا ۲۵۵ قرار دارد، تعیین کرد.

(۲)

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & \dots & f_{1n} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ f_{m1} & \dots & f_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله سوم: تعیین وزن معیار (W) است. در این مرحله با توجه به ضریب اهمیت معیارهای مختلف در تصمیم‌گیری، تعیین وزن معیار به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود. در تحقیق حاضر برای تعیین وزن معیارها، از روش مقایسه‌ای دو به دو که در ذیل روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مورد استفاده قرار می‌گیرد، استفاده شده است.

(۳)

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$$

مرتب می‌شوند و در نهایت گزینه‌ای به‌عنوان گزینه برتر انتخاب می‌شود که در هر سه گروه به‌عنوان گزینه برتر شناخته شود.

یافته‌ها

ارزیابی معیارهای سنجش

در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی اثرات زیست محیطی ریزگردها ۵ معیار کلی آب، خاک، هوا، زیست‌بوم گیاهی و جانوری در نظر گرفته شد و برای هر یک از معیارها چند زیر معیار متناظر با هر یک طرح گردید. نتایج ارزیابی در جدول ۴ ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود، تمامی معیارهای

پژوهش از حد میانگین ۳ بالاتر هستند که حاکی از تأثیرگذاری ریزگردها بر تمامی معیارهای پژوهش و نشان دهنده نامطلوب بودن وضعیت ریزگردها در شهر کرمان می‌باشد.

مطابق جدول ۳، از بین شاخص‌های پژوهش، شاخص به خطر انداختن سلامت عمومی شهروندان با افزایش فلزات سنگین (۴/۰۷)، تهدید منابع آب شرب شهر کرمان (۴/۰۴) و افزایش بیماری‌های تنفسی (۴/۰۱) به‌ترتیب بالاترین میانگین را به خود اختصاص داده است، که نشان از تأثیر زیاد ریزگردها بر معیار هوا و آب در شهر کرمان دارد.

جدول ۴. ارزیابی معیارهای پژوهش

معیارها	زیر معیارها	میانگین نظر کارشناسان
زیست‌بوم آبی	کل آلود شدن آب‌های سطحی	۳/۸۹
	آلوده شدن آب‌های سطحی با آلاینده‌های مضر	۳/۵۹
	تهدید منابع آب شرب شهر	۴/۰۴
تأثیرات بر هوا	کاهش میزان نزولات جوی	۳/۴۷
	افزایش بیماری‌های تنفسی	۴/۰۱
	تأثیر بر گرمایش هوا	۳/۳۰
تأثیرات بر خاک	کاهش میزان اوزون جو	۳/۲۶
	به خطر انداختن سلامت عمومی شهروندان با افزایش فلزات سنگین	۴/۰۷
	کاهش ضخامت خاک	۳/۹۶
زیست‌بوم گیاهی	کاهش تدریجی حاصلخیزی	۳/۹۳
	تخریب کیفی و شور شدن خاک	۳/۸۸
	مدفون شدن خاک توسط ماسه‌های روان	۳/۸۹
زیست‌بوم جانوری	کاهش پوشش گیاهی	۳/۴۹
	کاهش تنوع زیستی	۳/۶۸
	افزایش بیماری‌های گیاهی	۳/۷۳
زیست‌بوم جانوری	هجوم حشرات به پوشش گیاهی بومی منطقه	۳/۵۸
	ترک زیستگاه‌ها توسط پرندگانه‌های مهاجر	۳/۹۷
	تلف شدن و کاهش تنوع جانوری	۳/۷۵
حمله وحوش به روستاها و مزارع و افزایش شکار آن‌ها	تغییر در عادات غذایی و افزایش بیماری‌های حیات‌وحش	۳/۷۲
		۳/۲۷

شهر کرمان به صورت گام به گام به شرح زیر ارائه شده است:

رتبه‌بندی اهمیت هر یک از معیارهای پژوهش در شهر کرمان

نتایج اجرای هر مرحله مدل تصمیم‌گیری VIKOR و رتبه‌بندی اهمیت هر یک از معیارهای پژوهش در

مرحله اول تشکیل ماتریس تصمیم گیری

ماتریس تصمیم گیری از شاخص‌ها (وضعیت کنونی، تأثیر گذاری بر محیط زیست، تأثیر بر منطقه) و گزینه‌ها (زیست بوم گیاهی، زیست بوم جانوری، هوا، آب، خاک) تشکیل شده است. امتیاز هر یک از

آلترناتیوها از ۱ (اهمیت خیلی ضعیف) تا ۹ (اهمیت عالی) ارزش گذاری گردید که نتایج حاصل بر اساس جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵. ماتریس وضع موجود

معیار	وضعیت کنونی	تأثیر گذاری بر محیط زیست	تأثیر بر منطقه
زیست بوم گیاهی	۴	۲	۲
زیست بوم جانوری	۴	۲	۲
هوا	۸	۴	۷
آب	۵	۶	۵
خاک	۴	۶	۴

مرحله دوم ماتریس وزنی

شاخص‌های مؤثر در رتبه بندی معیارها توسط کارشناسان استخراج گردید و در قالب روش AHP وزن دهی شد. بر اساس نتایج ماتریس وزنی (جدول ۶)، شاخص تأثیر گذاری بر محیط زیست با امتیاز

۰/۳۳۳ از بالاترین اهمیت برخوردار است و بعد از آن شاخص وضعیت کنونی با امتیاز ۰/۲۸۹ در رتبه دوم و در نهایت شاخص تأثیر بر منطقه با امتیاز ۰/۱۹۰ در رتبه سوم قرار گرفته است.

جدول ۶. ماتریس وزنی شاخص‌های مورد مطالعه

شاخص‌ها	وضعیت کنونی	تأثیر گذاری بر محیط زیست	تأثیر بر منطقه
وزن	۰/۲۸۹	۰/۳۳۳	۰/۱۹۰

مرحله سوم تشکیل ماتریس وزنی

ماتریس وزنی از ضرب آلترناتیوهای هر گزینه در وزن شاخص مورد نظر از طریق رابطه (۹) به دست آمد. نتایج در جدول ۷ ارائه شده است. از نتایج این

ماتریس در محاسبه ماتریس حداکثر مطلوبیت و مقدار تأسف استفاده می شود.

(۹)

$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$$

جدول ۷. ماتریس نرمال وزنی

معیارها	وضعیت کنونی	تأثیر گذاری بر محیط زیست	تأثیر بر منطقه
زیست بوم گیاهی	۰/۰۹۸	۰/۰۷۵	۰/۰۴۷
زیست بوم جانوری	۰/۰۹۸	۰/۰۷۵	۰/۰۴۷
هوا	۰/۱۵۹	۰/۱۲۷	۰/۱۲۹
آب	۰/۱۵۹	۰/۱۲۷	۰/۰۸۰
خاک	۰/۰۹۸	۰/۱۲۹	۰/۰۶۳

مرحله چهارم تشکیل ماتریس حداکثر مطلوبیت (S) و مقدار تأسف (R)

مقدار ماتریس حداکثر مطلوبیت و مقدار تأسف برای هر کدام از شاخص‌های مورد مطالعه به ترتیب از رابطه (۱۰) و (۱۱) محاسبه گردید. نتایج در جدول ۸

درج شده است. از نتایج این ماتریس‌ها در محاسبه ماتریس حداکثر مطلوبیت و مقدار تأسف استفاده می‌شود.

$$S_j = \sum_{j=i}^n w_j \cdot (f^* - f_{ij}) / (f^* - f^-) \quad (10)$$

$$R_j = \max[w_j \cdot (f^* - f_{ij}) / (f^* - f^-) \quad (11)$$

جدول ۸. ماتریس حداکثر مطلوبیت (S) و مقدار تأسف (R)

معیارها	وضعیت کنونی	تأثیر گذاری بر محیط زیست	تأثیر بر منطقه	S	R
زیست‌بوم گیاهی	۰/۱۷۲	۰/۲۲۱	۰/۱۵۸	۰/۶۹۸	۰/۲۲۱
زیست‌بوم جانوری	۰/۱۷۲	۰/۲۲۱	۰/۱۵۸	۰/۶۹۸	۰/۲۲۱
هوا	۰/۰۰۰	۰/۱۰۹	۰/۰۰۰	۰/۱۰۹	۰/۱۰۹
آب	۰/۱۱۴	۰/۰۰۰	۰/۰۹۴	۰/۲۴۹	۰/۱۱۴
خاک	۰/۱۷۳	۰/۰۰۰	۰/۱۲۶	۰/۴۱۶	۰/۱۷۳

مرحله پنجم رتبه‌بندی اهمیت هر یک از معیارهای

پژوهش در شهر کرمان

با محاسبه مطلوبیت و مقدار تأسف، مقدار نهایی شاخص ویکور (Q) به تفکیک معیارها بر اساس معادله (۱۲) محاسبه و در نهایت رتبه‌بندی معیارها بر اساس شاخص‌های سه‌گانه تعیین شد. در جدول ۹، رتبه‌بندی بر اساس ارزش Q صورت گرفته است. همانطور که ملاحظه می‌شود، کمترین ارزش بالاترین اولویت را به خود اختصاص داده است. معیار هوا با عنایت به معیارهای آب، خاک، زیست‌بوم گیاهی و زیست‌بوم جانوری با درجه کیفیت (۰) در رتبه اول قرار گرفته است. معیار آب با عنایت به شاخص معیارهای خاک، زیست‌بوم گیاهی و زیست‌بوم جانوری با درجه کیفیت ۰/۱۰۵ در رتبه دوم قرار گرفته است. معیار خاک با درجه کیفیت ۰/۳۵۱ و معیارهای زیست‌بوم گیاهی و جانوری با درجه کیفیت ۰/۴۵۶، به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند.

$$Q_j = \left(V \cdot \frac{S_j - S^+}{S^- - S^+} \right) + (1 - V) \cdot \left(\frac{R_j - R^+}{R^- - R^+} \right) \quad (12)$$

جدول ۹. رتبه معیارهای پژوهش در شهر کرمان

رتبه	درجه کیفیت (Q)	معیارها
۴	۰/۴۵۶	زیست‌بوم گیاهی
۴	۰/۴۵۶	زیست‌بوم جانوری
۱	۰	هوا
۲	۰/۱۰۵	آب
۳	۰/۳۵۱	خاک

بحث

پدیده گرد و غبار یکی از مخاطرات محیطی مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله شهر کرمان است که متأثر از شرایط جوی خاصی است و همه ساله خسارات زیادی را به محیط و سلامت انسان‌ها وارد می‌کند. چرخه گرد و غبار بخش جدایی ناپذیری از سیستم زمین است که هر ساله حدود ۲۰۰۰ تن گرد و غبار تولید می‌کند که از این مقدار ۷۵ درصد در سطح زمین و ۲۵ درصد در سطح اقیانوس‌ها فرو می‌نشیند (۳۰). ارزیابی و رتبه‌بندی تأثیرات گرد و غبار بر محیط زیست شهری، به ما این کمک را می‌کند که پارامترهای محیطی تحت تأثیر پدیده گرد و غبار را به طور دقیق شناسایی کنیم تا بتوانیم برنامه‌های دقیق، علمی و کاربردی را برای شناسایی، جلوگیری و کاهش اثرات مخرب این مخاطره محیطی طرح‌ریزی کنیم (۳۱). مطالعه بر روی تأثیرات گرد و غبار بر شاخص‌های آب، خاک، هوا، زیست‌بوم جانوری و گیاهی شهر کرمان نشان داد، میانگین تمامی معیارهای تحقیق از عدد ۳ بالاتر بود. این موضوع نشان می‌دهد ریزگردها بر تمامی شاخص‌های تحقیق تأثیرگذار بوده و حاکی از نامطلوب بودن وضعیت ریزگردها در شهر کرمان است. در بین شاخص‌های پژوهش، شاخص به‌خطرانداختن سلامت عمومی شهروندان با افزایش فلزات سنگین با میانگین ۰/۷، تهدید منابع

آب شرب شهر کرمان با میانگین $4/0$ و افزایش بیماری‌های تنفسی با میانگین $1/0$ به ترتیب بالاترین میانگین را به خود اختصاص داده‌اند که نشان از تأثیر زیاد ریزگردها بر معیار هوا و آب در شهر کرمان دارد. از مهمترین دلایل در بروز پدیده گرد و غبار و به دنبال آن بروز مشکلات ذکر شده در شهر کرمان می‌توان به وجود کویر بزرگ لوت در حاشیه استان کرمان، کاهش نسبی بارش و افزایش دما، تغییر الگوی بارندگی و فرسایش سطح زمین به دلیل خشکسالی اشاره نمود (۴). عامل اصلی دیگر در ایجاد پدیده گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه بادهای محلی فصلی 120 روزه است. این بادهای در اکثر ایام سال در منطقه می‌وزند، اما طی ماه‌های خرداد تا شهریور وزش بادهای از نظر شدت و فراوانی اهمیت ویژه‌ای می‌یابد. این طوفان‌ها با توجه به فقر پوشش گیاهی، خشکی خاک، شیب کم دشت و عدم تأثیر شرایط توپوگرافی در کاهش سرعت باد و همچنین خشکسالی‌های مکرر که در نتیجه نوسانات اقلیمی حوزه آبریز جازموریان روی می‌دهد باعث خشک شدن بستر رودخانه‌ها و بخصوص دریاچه‌های هامون می‌شود (۳۲). در معرض قرار گرفتن حجم عظیمی از رسوبات ریزدانه و دریاچه‌ای که در اثر خشکسالی و حرارت بالای محیط پیوستگی خود را از دست داده‌اند، به عنوان منبع اصلی تغذیه طوفان‌های گرد و غباری در طول سال مطرح هستند (۳۳). لذا با توجه به افزایش جمعیت در شهر کرمان، می‌بایست جهت آمادگی و مقابله با مخاطرات زیان‌بار بهداشتی و محیطی پدیده گرد و غبار برنامه‌های کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت برنامه‌ریزی نمود.

در داخل و خارج کشور هم مطالعاتی در زمینه تأثیرات پدیده گرد و غبار بر شاخص‌های زیست محیطی انجام شده است، به طوری که در بررسی ترکیب شیمیایی گرد و غبار منطقه شهداد کرمان اکسیدهای سیلیسیوم، آهن، منگنز، کلسیم، آلومینیوم و سدیم به‌عنوان ترکیب اکسیدهای مهم منطقه معرفی شدند

که می‌توانند بر روی جوامع مختلف انسانی، گیاهی و جانوری اثرات سوء زیست محیطی داشته باشند (۸). نتایج مطالعه اثرات ریزگردها در شهرستان زابل نشان داد، وقوع ریزگردها در زمینه اقتصادی باعث کاهش درآمد، افزایش هزینه درمان، کاهش سطح زیر کشت، در زمینه اجتماعی باعث افزایش بیکاری و طلاق، در زمینه زیست محیطی باعث تهدید سلامت جسمی و روحی، بروز و تشدید بیماری‌های تنفسی و قلبی، آلودگی محیط شهری و تهدیدات زیست محیطی می‌گردد (۳۴). تحلیل مکانی گرد و غبارهای شرق و جنوب شرق کشور نشان داد بیش از 75 درصد روزهای گرد و غباری ایجاد شده در این مناطق منشأ محلی داشته و این مناطق یکی از کانون‌های عمده گرد و غبار در کشور می‌باشد که سبب کاهش تنوع زیستی و حیات جانوران، تغییر در عادات غذایی، مهاجرت حیات وحش، افزایش بیماری‌های جانوری و گیاهی، هجوم حشرات بر پوشش گیاهی و کاهش پوشش گیاهی بومی منطقه گردیده است (۷). طی تحقیق دیگر در بررسی تأثیر افزایش خشکی بر میزان گرد و غبار و بهداشت عمومی در جنوب غربی ایالات متحده تحت تغییرات آب و هوایی مشخص گردید با افزایش خشکی تا سال 2050 سطح ریزگردهای ریز 57 درصد و سطح ریزگردهای درشت 38 درصد افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند باعث افزایش میزان مرگ و میر تا 230 درصد، بستری‌شدن در بیمارستان تا 360 درصد، بیماری‌های قلبی-عروقی تا 360 درصد و مخاطرات بهداشت عمومی تا 47 درصد گردد (۳۵). نتایج تحقیقات فوق‌الذکر با نتایج تحقیق حاضر انطباق دارد.

با توجه به مراتب فوق‌الذکر، علاوه بر بررسی تأثیرات پدیده گرد و غبار بر شاخص‌های زیست محیطی، لازم است برای آگاهی دادن به شهروندان و مسئولین از خسارات ناشی از این پدیده و ارائه راهکارهایی جهت مبارزه با آن، اثرات گرد و غبار بر آب، هوا، خاک، زیست‌بوم جانوری و گیاهی رتبه‌بندی گردد. در این

تحقیق نتایج ارزیابی مدل ویکور در رتبه‌بندی اثرات گرد و غبار بر معیار آب، هوا، خاک، زیست‌بوم جانوری و گیاهی شهر کرمان نشان می‌دهد که معیار هوا با عنایت به معیارهای آب، خاک، زیست‌بوم گیاهی و زیست‌بوم جانوری با درجه کیفیت (۰) در رتبه اول قرار گرفت. معیار آب با عنایت به شاخص معیارهای خاک، زیست‌بوم گیاهی و زیست‌بوم جانوری با درجه کیفیت ۰/۱۰۵ در رتبه دوم قرار گرفت. معیار خاک با درجه کیفیت ۰/۳۵۱ و معیارهای زیست‌بوم گیاهی و جانوری با درجه کیفیت ۰/۶۵۶، به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در پژوهشی نتایج رتبه‌بندی مناطق مستعد پدیده گرد و غبار در نوار غربی ایران با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره نشان داد، قابلیت اطمینان مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بیشتر از مدل تخمین شبکه عصبی است. بر اساس نتایج مدل تاپسیس و ویکور بیشترین احتمال وقوع گرد و غبار در ایستگاه اسلام آباد غرب ۹۹ درصد محاسبه گردید (۳۶). در تحقیق دیگر اثرات ریزگردهای حاصل از طوفان‌های بادهای ۱۲۰ روزه در ۵ شهر منطقه سیستان با استفاده از مدل VIKOR ارزیابی شد. جهت بررسی ۵ شهر منطقه سیستان از ۴ مولفه اصلی شامل اثرات اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و زیست‌محیطی استفاده گردید. نتایج نشان داد بیشترین امتیاز به‌دست‌آمده متعلق به شهرهای هیرمند و نیمروز با وزن معیار ۱ می‌باشد که در رتبه اول قرار می‌گیرد. شهر زابل با وزن معیار ۰/۷۱۰ در رتبه دوم، شهر زهک با امتیاز وزنی ۰/۷۰۸ در رتبه سوم و در نهایت شهر هامون با وزن معیار ۰/۵۱۲ در رتبه آخر قرار گرفت (۱۷). نتایج مطالعات انجام شده در مورد اولویت‌بندی تأثیرات گرد و غبار ناشی از کارخانه سیمان تیس چابهار (۳۷)، سیمان آبیگ (۳۸) و سیمان هگمتان (۳۹) نشان داد عمده اثرات منفی زیست‌محیطی ذرات گرد و غبار در بخش فیزیکی به‌ترتیب اولویت شامل تأثیر بر آلودگی هوا و آب، آلودگی صوتی و سپس آلودگی و فرسایش خاک و

عمده اثرات منفی در بخش بیولوژیکی به‌ترتیب اولویت شامل تأثیر بر تراکم گونه‌های گیاهی، جانوری و سپس کیفیت زیستگاه می‌باشد. بررسی اثرات زیست‌محیطی خشک‌شدن تالاب هامون بر منطقه سیستان با استفاده از مدل AHP به صورت $D > C > B > A > E$ بود که نشان می‌دهد از میان ۵ شاخص مورد مطالعه، شاخص (D) افزایش ریزگردها و آلودگی هوا با وزن معیار (۰/۱۳۲) در رتبه اول، شاخص (C) افزایش بیماری‌های تنفسی و تهدید سلامت مردم با وزن معیار (۰/۱۰۹) در رتبه دوم، شاخص (B) خسارت به گیاهان و حیوانات بومی منطقه با وزن معیار (۰/۰۹۸) در رتبه سوم، شاخص (A) فرسایش خاک با وزن معیار (۰/۰۸۷) در رتبه چهارم و در نهایت شاخص (E) تغییرات آب و هوایی منطقه با وزن معیار (۰/۰۳۹) در رتبه پنجم قرار دارد (۱۸). نتایج تحقیقات فوق‌الذکر با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش تأثیرات گرد و غبار و رتبه‌بندی تأثیر این پدیده بر معیارهای آب، هوا، خاک، زیست‌بوم جانوری و گیاهی شهر کرمان بررسی شد. از میان معیارهای مورد بررسی، معیارهای هوا، آب و خاک با درجه کیفیت ۰، ۰/۱۰۵ و ۰/۳۵۱ به ترتیب در رتبه اول، دوم و سوم تأثیرات منفی گرد و غبار قرار داشتند. معیارهای زیست‌بوم جانوری و گیاهی با درجه کیفیت ۰/۶۵۶ در رتبه چهارم قرار گرفتند. در بین شاخص‌های پژوهش، شاخص به‌خطر انداختن سلامت عمومی شهروندان با افزایش فلزات سنگین، تهدید منابع آب شرب شهر و افزایش بیماری‌های تنفسی بالاترین میانگین اثرات زیانبار گرد و غبار را به خود اختصاص دادند. به‌طور کلی نتایج این مطالعه با سایر پژوهش‌های مشابه در سایر شهرهای خوزستان، بوشهر، زابل، اراک و شرق و غرب کشور حاکی از دستیابی به نتایج مشابه می‌باشد و نشان‌دهنده آن

است که علاوه بر گردوغبار فرا محلی که از غرب کشور و کویر مرکزی وارد شهر کرمان می‌شود در سال‌های اخیر به دلیل خشکسالی، گسترش اراضی بیابانی و خشک‌شدن تالاب‌ها، گردوغبار محلی نیز به آن اضافه شده و باعث افزایش غلظت و تعداد روزهای گردوغبار در شهر کرمان شده است. این پدیده اثرات مخرب زیست‌محیطی برای منابع آبی، خاکی و هوا ایجاد کرده است. بنابراین به منظور کاهش خسارات ناشی از مخاطرات گردوغبار، ستاد مدیریت بحران شهرستان کرمان در زمینه مقابله با مخاطرات موظف به ایجاد نظام آموزشی و خودبهسازی قوی و جدی، ایجاد تفکر استراتژیک در مطالعات طرح جامع و برنامه‌ریزی شهری، ایجاد بستر مستمر و پویا جهت اجرای طرح‌های پدافند غیرعامل می‌باشد تا ضمن اطلاع‌رسانی علمی، دقیق و شفاف در مورد آثار و عواقب بحران‌های گردوغبار برای ساکنان مناطق درگیر و ارائه راهکارهایی برای کاهش خسارات ناشی از این پدیده از مهاجرت مردم و تخلیه شهر به سایر مناطق جلوگیری شود. بر اساس یافته‌های تحقیق پیشنهاد می‌گردد، کانون‌های بالفعل و بالقوه شروع ریزگردها در منطقه مورد مطالعه

سریعاً شناسایی و مهار آنها از طریق مالچ‌پاشی نفتی و شیمیایی، توسعه نهال‌کاری، ایجاد جنگل‌های دست‌کاشت و جنگل‌کاری مصنوعی، و ایجاد بادشکن‌های مصنوعی انجام شود. همچنین برنامه‌ریزی و مدیریت مصرف فاضلاب شهری و ایجاد خاکریزهای رسی جهت تثبیت شن‌های روان و جلوگیری از پراکنش گرد و غبار به ویژه در مواقع بحرانی اجرایی گردد. شایان ذکر است محدودیتی که جهت اجرایی‌شدن پیشنهادات ذکرشده وجود دارد همکاری کم بین سازمان‌های مرتبط با خشکسالی، بیابان‌زدایی، امور آب و شهرداری منطقه جهت مدیریت و نظارت مستمر بر پدیده گردوغبار و کنترل جامع اثرات آن می‌باشد. بنابراین لازم است تعاملات بیشتر بین سازمان‌های ذکرشده ایجاد گردد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر نتیجه انجام پروژه دانشجویی می‌باشد، نویسندگان مقاله از زحمات اداره کل محیط زیست شهرستان کرمان و زاهدان و نیز کارشناس محترم سرکار خانم دکتر هومن کمال تشکر و قدردانی را می‌نمایند.

References

- 1-Ghaffari D, Mostafazadeh R. An investigation on sources, consequences and solutions of dust storm phenomenon. *J. of Conservation and Utilization of Natural Resources*. 2015 Feb; 4(2): 107-125[In Persian].
- 2-Qaderi Nasab F, Rahnama M.B. Dust detection in Jazmourian catchment using multi-spectral techniques in Madis images. *Natural Geography Research*. 2019 Des;50(3):545-562[In Persian].
- 3-Adeli O, Rasouli A.A. Investigation of dust and its efficiency using ARC MAP software case study: Kerman Province, Iran. The 2nd International Conference on Plant, Water, Soil and Air Modeling. 2014 May. 8-9 International Center of Advanced Science, Technology and Environmental Sciences, Kerman, Iran [In Persian].
- 4-Goudarzi G, Shirmardi M, Khodarahmi F, Hashemi-Shahraki A, Alavi N, Ankali K, et al. Particulate matter and bacteria characteristics of the Middle East Dust (MED) storms over Ahvaz, Iran. *Aerobiologia*, 2015 Jan; 30(1): 333-347.
- 5-Arjmand M, Rashki A, Sargazi H. Temporal and spatial monitoring of dust phenomenon using satellite data in southeastern Iran with emphasis on Jazmourian region. *Sci. Res. Quart. Geographi Data (SEPEHR)*. 2018 Feb; 27(106): 153-168[In Persian].
- 6-Nora M, Sahebzadeh B. Scientific and practical approaches to reducing the environmental impact of the dispersal of fountains in Southeast Iran, Emphasizing on native experiences in Sistan. The First International Conference on Dust. 2015 Sep; 22-24. Zabol University, Zabol, Iran [In Persian].

- 7-Torkashvand M. Analysis of Air Pollution Status caused by climatic effects of aerosols and dust storms in south regions of Hamadan province. *J.Env. Sci. Tech.* 2018 March; 19(4): 15-33[In Persian].
- 8-Hamdajoo M, Rashki A, Jafari R. Investigation of the composition of chemical properties of Shahdad dust by XRF analysis. *Geography and environmental hazards.* 2019 Oct;14(4): 1-20[In Persian].
- 9-Orlovsky L. Dust storm in Turkmenistan. *J Arid Environ.* 2006 Sep;42: 83-97.
- 10-Modaihsh,A. Characteristics and composition of the falling dust sediments on Riyadh City, Saudi Arabia, *J Arid Environ.* 2017 Aug; 36: 211-223.
- 11-Weihong, Q, and Shaoyinshi, D. Variations of the dust storm in China and its climatic control. *J of climate.* 2010 Jun; 15: 1216-1229.
- 12-Goudie, A, Midelton, J. Saharan dust storms: nature and consequences. *Earth science review.* 2016 Sep; 56: 179-204.
- 13-Danesh Shahraki M, Shahriari A, Gangali M, Bameri A. Seasonal and spatial variability of airborne dust loading rate over the Sistan plain cities and its relationship with some climatic parameters. *J. of Water and Soil Conservation.* 2017 Nov; 23(6): 199-215[In Persian].
- 14-Alawi S.A. Nejad A, Fattahi A, Khalife A. Spatial zoning of rural settlements exposed to environmental hazards using Necniki. Multi-criteria decision making. case study: Talesh City. *Regional Planning Quarterly.* 2016 Feb; 5(20): 76-87[In Persian].
- 15-Mokhtari Malekabadi R, Ebrahimi Bozani M, ShahBandari Quchani A. Methods of organizing and improving the old urban texture of Najafabad using Vickor model. *J of Urban structure and function studies.* 2017 Des; 4(15): 54-76[In Persian].
- 16-Abedini M, Elnaz Pirozi E, Leila Aghayari L, Ostadi E. Rape flood zone zoning in Meshkinshahr city using Vickor model. *J of Land Geography.* 2018 Feb; 56: 21-34[In Persian].
- 17-Hafez Rezazadeh M, Shahraki H. Analysis and evaluation of the effects of the 120-day wind storms in the cities of Sistan. The 2nd International Conference and the 5th National Tourism Conference, Geography and Sustainable Environment. September 2016 Sep, 25-27. Hamedan University, Hamedan, Iran [In Persian].
- 18-Ovisi Q. A Study on the environmental impact of Hamoun wetland drying on the Sistan area. First National Conference on Environmental Assessment, Management and Environment in Iran. 2014 Des;15-17. Hamedan University, Hamedan, Iran [In Persian].
- 19-Kiani A, Fazelnia G, Rezaei B. Study and prioritization of natural hazards in Zabol city. *Geography and Environmental Studies.* 2012Feb; 1(1): 98-111[In Persian].
- 20-Abasian A, Reisi Ardali Gh, Lotfi K. Evaluating the effects of fishheads using multi-criteria AHP decision making technique (Case Study: Ahwaz City). *J. Env. Sci. Tech..* 2016 March; (6)20: 36-23[In Persian].
- 21-Heydari E.S, Alidadi H, Sarkhosh M, Sadeghian S. Zaveh cement plant enviromental impact assessment using Iranian Leopolds Matrix. *J of Rese Environ Healt.* 2018 May; 3(1): 84-93[In Persian].
- 22-Borna R. Evaluating the dust phenomenon and ranking the methods of preventing its effects in Khuzestan Province. *Sci. Res. Quart. Geographi Data (SEPEHR).* 2019 Jul; 27(108): 197-210[In Persian].
- 23-Huang Ivy B. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends, *Science of The Total Environment.* 2017 Jun; 40 (19): 3578-3594.
- 24-Ju Y, Wang A. Emergency alternative evaluation under group decision makers: A method of incorporating DS/AHP with extended TOPSIS, *Expert Systems with Applications.* 2015 Nov; 39(1): 1315-1323.
- 25-Zhang H, Huang G.H. Assessment of non-point source pollution using a spatial multicriteria analysis. *Ecological Modelling.* 2014 Des; 22(2): 313-321.
- 26-Taskin Gumus A. Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. *Expert Systems with Applications.* 2012 Feb; 36(2): 4067-4074.
- 27-Wang J. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making, *Renewable and Sustainable Energy Reviews,* 2011 Auj; 13(9): 2263-2278.

- 28-Adeli O, Rasouli A.A. Investigation of dust and its efficiency using ARC MAP software case study: Kerman Province, Iran. The 2nd International Conference on Plant, Water, Soil and Air Modeling. 2014 May; 8-9. International Center of Advanced Science, Technology and Environmental Sciences, Kerman, Iran [In Persian].
- 29-Beigi M.H, Mohammad Nejad B.A, Khanjani A. Investigating the relationship between the effects of Iran's phytoplankton on the triangle of water, soil, and air and the interactions of this triangle in the creation and/or reduction of the repetitive phenomenon. The First International Conference and the Third National Conference on Sustainable Management of Soil and Environment Resources. 2019 Sep;13- 14. Kerman Shahid Bahonar University, Kerman, Iran [In Persian].
- 30-Yaping S, Heinz Wyrwoll K, Chappell A, Huang J, Lin Z, McTainsh G, Mikami M, Tanaka T, Wang X, Yoon S. Dust cycle: Anemerging core theme in Earth system science. *Aeolian Research*. 2015 Feb; 2: 181–204.
- 31-Park S.U, Jeong J.I. Direct radiative forcing due to aerosols in Asia during March 2002. *Science of the Total Environment*. 2018 Sep; 4(7): 394–404.
- 32-Atabi f, Erfani M, Bazrafshan I. Assessment of air pollutants and determination of air quality index in Zaheda. *J. Env. Sci. Tech*. 2017 Des; 18(2): 485-500[In Persian].
- 33-Arjmand M, Rashki A, Kaskaoutis D.G. Assessment of dust activity and dust-plume pathways over Jazmurian Basin, southeast Iran. *Sci.Res. Quart. Geograph. Data (SEPEHR)*. 2018 Sep; 24(106): 153-168[In Persian].
- 34-Ahani A, Narouee E, Ahmadpour M. Evaluating the Economic, Social, and Environmental Impacts of Hazards and Damage Caused by them (A Case Study of Zabol City). *International Dust Conference in Southwest Asia*. 2018 May; 3-5. Zabol University, Iran[In Persian].
- 35-Achakulwisut P, Anenberg S.C, Neumann J.E, Stefani L, Penn S.L, Weiss N, et al. Effects of increasing aridity on ambient dust and public health in the U.S. Southwest under climate change. *J. GeoHealth*. 2019 May, 3(5): 127-144.
- 36-Yazdani M, Sobhani B, Safarian Zengir V, Ghaffari Gilandeh A. Analysis, monitoring and simulation of dust hazard phenomenon in the northern Persian Gulf, Iran, Middle East. *Arab J Geosci*. 2020 Aug;13:519- 530.
- 37-Josie A, Eslami H, Barani Z. Environmental assissment of Tis-Chabahar cement plant, using rating and ranking model. 4th urban planning and manangement. 2014 May. 10-11, Mashhad, Iran[In Persian].
- 38-Karbasi A, Khadem H, Samadi R. Environmental impact of Abyek plant. *Cement industry, Enege and Environment*. 2013; Feb. 11-13, Tehran, Iran [In Persian].
- 39-Kiyani F, Ansari R, Taghdisi A. Socio-economic and environmental impacts of Hegmatan cement company in Shahanjar village. *J. Space. Econo. Rural. Develop*. 2017 Nov; 4(12): 133-144[In Persian].