



سال هشتم، شماره دوم (پیاپی ۲۶)، تابستان ۱۴۰۴، صص. ۲۳۹-۲۷۰
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۲۸

مقاله پژوهشی

بحران گرد و خاک و تهدیدات امنیت زیست‌محیطی در منطقه جنوب غربی ایران

رسول افسری

استادیار گروه پژوهشی پدافند غیر عامل، پژوهشکده دفاع ملی، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول).
Email: r.afsari@sndu.ac.ir

0009-0001-8745-347X

کاظم برهانی

پژوهشگر جغرافیا، گروه پژوهشی پدافند غیر عامل، پژوهشکده دفاع ملی، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران.
Email: kazem.borhani@sndu.ac.ir

شاهین جعفری

دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
Email: shahin.jafari75@ut.ac.ir

چکیده

وجود تهدیدات نظامی علیه جمهوری اسلامی ایران از یک سو و قرار داشتن کشور در یک منطقه پرمخاطره زیست‌محیطی از سوی دیگر، ضرورت توجه به مقوله امنیت زیست‌محیطی و جنبه‌های مرتبط با آن را برجسته ساخته است. از این رو، هدف مطالعه حاضر، انجام یک ارزیابی مناسب از بحران گرد و خاک به منزله یک تهدید محیطی-امنیتی و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر از آن است. تحقیق حاضر یک تحقیق کاربردی با روش توصیفی-تحلیلی است. جامعه آماری تحقیق شامل دو استان «ایلام» و «خوزستان» در جنوب غربی ایران و نمونه نیز شامل شهرستان‌های این دو استان بوده است. در تحقیق حاضر ابتدا الگوهای مکانی و زمانی طوفان گرد و خاک در بلندمدت با استفاده از داده‌های ماهواره مادیس شناسایی شده و سپس با استفاده از تکنیک چندمعیاره ویکور به ارزیابی و سطح‌بندی آسیب‌پذیری زیست‌محیطی پرداخته شده است. یافته‌ها نشان داده است که شدت و فراوانی گرد و خاک در استان خوزستان اغلب بیشتر از ایلام بوده است. همچنین از نظر شاخص‌های اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی، نهادی، زیرساختی و محیطی، شهرستان‌های دهلران، مهران و آبادان به عنوان آسیب‌پذیرترین نواحی شناخته شده‌اند و در مقابل، بهبهان، اهواز و دزفول آسیب‌پذیری نسبتاً کمتری داشته‌اند. نتایج تحقیق بر اهمیت توجه به پدافند غیرعامل زیستی و اقدامات راهبردی در زمینه مقابله با بحران گرد و خاک تأکید نموده است.

کلیدواژه‌ها: بحران گرد و خاک، خطرپذیری، امنیت زیست‌محیطی، سنجش از دور، ایران

شابا الکترونیک: ۲۹۸۰-۸۰۷۳ ♦ پژوهشکده آماد، فناوری دفاعی و عرصه‌های نوپدید / فصلنامه آماد و فناوری دفاعی



20.1001.1.28212606.1404.8.2.8.5

<https://amfad.sndu.ac.ir/> E-ISSN: 2980-8073



صحت مطالب بر عهده نویسنده مقاله است و بیانگر دیدگاه دانشگاه عالی دفاع ملی نیست.



مقدمه

طوفان گرد و خاک از مهم ترین معضلات زیست محیطی در بسیاری از نقاط جهان و به ویژه مناطق خشک و نیمه خشک شناخته می شود (Jafary et al. 2019: 565). پدیده گرد و خاک در زمره آن دسته از مخاطرات زیست محیطی است که منشأ آن به طور کلی یا جزئی در قلمرو سرزمینی یک یا چند کشور واقع شده است و اثرات مخرب آن به محدوده سرزمین سایر دولت های هم جوار سرایت می کند. بنابراین، وقایع گرد و خاک به عنوان یکی از تهدیدات زیست محیطی هر چند اغلب ظاهری طبیعی و غیر امنیتی دارند؛ اما در عمل امنیت جامعه و در نتیجه امنیت ملی کشورهای محل وقوع را تحت تأثیر خود قرار می دهند و حتی در مواردی آثاری فراتر از جنگ به دنبال دارند. از این رو، وقوع طوفان های گرد و خاک در سالیان اخیر بهره مندی از محیط زیست سالم را برای مردم در نواحی مختلف کشور به چالش کشیده و پیامدهای اجتماعی متعددی را نیز با خود به همراه آورده است (صمدیار و صمدیار، ۱۳۹۴: ۲؛ فرهادی، ۱۳۹۹: ۱۸۷).

گفتنی است که علاوه بر پوشانده شدن اراضی زراعی و گیاهان به وسیله مواد باد آورنده، وقوع طوفان گرد و خاک منجر به نابودی اراضی حاصلخیز و کاهش تولید بیولوژیک و تنوع زیستی شده و ماندگاری جوامع محلی را نیز به شدت تحت تأثیر قرار داده است. همچنین، طوفان های گرد و خاک در انتقال عوامل بیماری زای خطرناک به انسان، آلودگی آب و هوا و آسیب رساندن به عملکرد دستگاه تنفسی سهمیم بوده است (کاظمی و همکاران، ۱۴۰۰: ۶۴). از همین رو، تشدید طوفان های گرد و خاک می تواند سبب تهدید اکوسیستم خلیج فارس، تغییر اقلیم محلی، تهدید سلامت مردم منطقه توسط ریزگردهای آلوده، سیل مهاجرت و نهایتاً تبعات اجتماعی و امنیتی برای کشور و به ویژه استان های نیمه غربی آن شود (مرکز پژوهش های توسعه و آینده نگری، ۱۳۹۷: ۱۸۴؛ سلیمی و قادری، ۱۴۰۳: ۹۸). به همین دلیل، آثار و تبعات زیست محیطی گرد و خاک در هیچ مرز فیزیکی یا سیاسی توقف نکرده و به روند گسترش خود در جهات مختلف ادامه می دهد و حتی در اغلب مواقع آثار و تبعات ثانویه این پدیده چالش ها و تهدیدات بزرگتری برای جوامع در ابعاد اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و غیره



به دنبال داشته و امنیت آن‌ها را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد که اهمیت پرداختن به این موضوع را نمایان می‌سازد. با توجه به مقدمه فوق، پژوهش حاضر بر آن است که با پایش روند گردوخاک در منطقه جنوب غربی ایران، ارزیابی مناسبی از مقوله امنیت زیست‌محیطی به انجام رسانده و مناطق پرمخاطره از این نظر را شناسایی نماید.

بحران گردوخاک یک موضوع سیاسی پیچیده تلقی می‌شود که پیامدهایی هم برای سیاست بین‌المللی و هم برای سیاست داخلی کشورها دارد (Kim & Kim, 2021: 2). اثرات طوفان‌های گردوخاک اغلب فراتر از کشور مبدأ احساس می‌شود که همین امر آن را به یک موضوع فرامرزی و در نتیجه سیاسی تبدیل می‌کند. به عبارتی دیگر، پدیده گردوخاک و پیامدهای آن تنها یک کشور خاص را هدف قرار نمی‌دهد، بلکه دارای ماهیت فرامنطقه‌ای است و بر تعداد زیادی از کشورها تأثیر می‌گذارد. از این رو، امروزه کارشناسان بر این باورند که مشکلات زیست‌محیطی و به‌ویژه گردوخاک تهدیدی برای امنیت جهانی است و پیامد خسارات وارده به محیط‌زیست یک منطقه خاص در سایر مناطق نیز مشهود است. برای مثال، نمونه‌ای از این موضوع را می‌توان در تأثیر خشک شدن تالاب‌های عراق بر گسترش طوفان گردوخاک در ایران مشاهده کرد و یا اینکه اثرات طوفان‌های گردوغبار در آسیا به نحوی می‌تواند امنیت آمریکا را نیز تهدید کند. بنابراین، این امر اهمیت همکاری بین بسیاری از کشورها و همچنین وضع مقررات جدید در سطح بین‌المللی را با هدف مدیریت این پدیده نشان می‌دهد (عباسی، ۱۴۰۰: ۱۵۸). به همین دلیل، دولت‌ها باید گستره جهانی پدیده‌های زیست‌محیطی و به‌ویژه طوفان گردوخاک را برای امنیت داخلی خود در نظر بگیرند. با این وجود، درگیری‌ها و تنش‌ها در منطقه غرب آسیا تأثیرات منفی بر همگرایی کشورهای منطقه در جهت مدیریت بحران گردوخاک داشته است که در نهایت به ضرر کشورهای درگیر بوده است. در این راستا، مطالعات انجام شده توسط برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد نیز حاکی از این است که تنش‌های زیست‌محیطی و انسانی در آینده و به‌ویژه در منطقه جنوب غرب آسیا تشدید خواهد شد (بالست و همکاران، ۱۴۰۱: ۵۳). این درحالی است که برای کاهش



آسیب پذیری در مقابل پدیده گردوخاک به آمادگی کشورهای در معرض مخاطره و همکاری در زمینه های مختلف نیاز است (Abdi et al. 2020: 466).

مطابق تحقیقات صورت گرفته و با توجه به هدف پژوهش حاضر، طوفان گردوخاک یکی از موانع اصلی دستیابی به توسعه پایدار و از تهدیدهای عمده امنیت زیست محیطی است که کشورهای واقع در منطقه غرب آسیا را تهدید می کند. بر این اساس، گردوخاک به عنوان یکی از ویژگی های بارز این منطقه بر شرایط اقلیمی، سلامت انسانی، ساختارهای اجتماعی- اقتصادی و اکوسیستم های زمینی و دریایی تأثیر بارزی برجای گذاشته است (Kamal et al. 2020: 176). با این وجود، به دلیل تغییرات سریع در ماهیت و گسترش فضایی طوفان های گردوخاک، محدودیت های مختلفی در پایش و ارزیابی این پدیده وجود دارد. در این راستا، امروزه فناوری سنجش از دور با ارائه تصاویر متعدد در مقیاس جهانی و منطقه ای با قدرت تفکیک زمانی و مکانی متفاوت، به عنوان ابزاری قدرتمند برای پایش، اندازه گیری و تجزیه و تحلیل ابعاد مختلف گردوخاک شناخته شده و مورد توجه محققان قرار گرفته است.

کشور ایران به دلیل مختصات منطقه ای، اقلیم گرم و خشک و نیز قرار گرفتن در کمربند بیابانی جهان، آسیب های جبران ناپذیری را از این پدیده متحمل شده است. ایران در طول سال های اخیر با طوفان های متعدد گردوخاک مواجه بوده است (Boloorani et al. 2021). به دلیل نزدیکی به سه منبع اصلی تولید گردوغبار (بیابان های عراق، سوریه و عربستان سعودی) در غرب، ایران همواره با طوفان های گردوخاک و مشکلات ناشی از آن مواجه بوده و عدم توجه به این مسئله می تواند به پیامدهای نامطلوب زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی، به ویژه در مناطق خشک واقع در استان های جنوب غربی منجر شده و اختلال در فعالیت های انسانی همچون کشاورزی، حمل و نقل، صنایع، خدمات اجتماعی و پزشکی در آن را سبب گردد. بنابراین، شناسایی و بررسی ویژگی های این پدیده مخرب زیست محیطی در نواحی مختلف ایران حائز اهمیت اساسی است. به عبارتی، به منظور مقابله با این پدیده و اتخاذ راهکارهای عملیاتی، شناسایی منطقه ای منشأ تولید گردوخاک در تمرکز بر مناطق بحرانی و مشخص



نمودن ویژگی‌های منحصربه‌فرد در پاسخ به شرایط زیست‌محیطی ضروری و مهم تلقی می‌شود. با این حال، چنین به نظر می‌رسد که مقوله امنیت زیست‌محیطی در ایران به‌عنوان یکی از ابعاد مهم امنیت ملی مغفول مانده است (عزیزی، ۱۳۹۰: ۲۲). این درحالی‌است که وجود تهدیدات نظامی علیه ایران از یک‌سو و قرارگیری کشورمان در منطقه‌ای پرمخاطره به لحاظ زیست‌محیطی از سوی دیگر، ضرورت توجه به مقوله امنیت زیست‌محیطی و مدیریت بحران‌های زیستی را برجسته ساخته است.

به‌عنوان نقطه مشترک این پژوهش با تحقیقات پیشین، پژوهش حاضر نیز به‌دنبال بهره‌گیری از قابلیت‌های این فناوری در زمینه پایش و ارزیابی گردوخاک بوده و استفاده از داده‌ها و محصولات ماهواره‌ای در دستور کار قرار گرفته است. همچنین پدیده گردوخاک به‌عنوان یک مخاطره زیست‌محیطی از منظر اثرات بالقوه و بالفعل آن چندان مورد توجه واقع نشده است و پژوهش حاضر در تلاش است تا ارتباط مناسبی میان این پدیده و اثرات اجتماعی و امنیتی آن برقرار سازد. از این نظر، وجه تمایز پژوهش حاضر پرداختن به این مهم در سطح کلان و با تأکید بر شاخص‌های مختلف است و از جنبه‌های نوآوری آن می‌توان به رونمایی وقایع گردوخاک در محدوده مورد مطالعه و ارزیابی جوانب امنیت زیست‌محیطی مرتبط با آن اشاره نمود.

۱. پیشینه پژوهش

طوفان‌های گردوخاک به‌عنوان یکی از مخاطرات محیطی که عمدتاً از نواحی خشک و نیمه‌خشک زمین نشئت می‌گیرند، پیامدهای گسترده‌ای به لحاظ اقتصادی، اجتماعی، بهداشتی و زیست‌محیطی و حتی سیاسی-امنیتی در مناطق مختلفی از جهان به بار آورده‌اند؛ از این‌رو، در طی سالیان اخیر توجه خاصی به این مفهوم شده است و بخش عمده‌ای از ادبیات این مبحث به طوفان‌های گردوخاک و اثرات آن اختصاص یافته است. بر همین اساس، مطالعات مختلفی در ارتباط با پایش گردوخاک، عوامل مؤثر بر آن و تأثیرات این پدیده در سطح



داخلی و جهانی به انجام رسیده است که در این بخش به مرور تعدادی از آن‌ها پرداخته شده است.

صمدیار و صمدیار (۱۳۹۴) در پژوهش خود به مقوله گردوغبار و ارتباط آن با امنیت ملی توجه نموده و راهکارهای پدافند غیرعامل در راستای مقابله با آن را ارائه نموده‌اند. محققان چنین نتیجه‌گیری نموده‌اند که مقوله امنیت ملی در حوزه زیست محیطی محلی برای آزمون و خطا نیست و بروز طوفان‌های گردوخاک در استان‌های غربی کشور با توجه به موقعیت استراتژیک آن‌ها، می‌تواند حاکمیت ملی را تهدید نموده و ضرورت آگاه‌سازی و اطلاع‌رسانی کافی و جامع به شهروندان احساس می‌شود.

کلهر و پورعلی (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای به راهکارهای کاهش آسیب‌پذیری زیست محیطی ناشی از گردوخاک در محدوده شهرستان زابل در جنوب شرقی ایران پرداخته‌اند. آنان در این مطالعه از روش کیفی و مدل سوات در راستای مطالعه بادهای ۱۲۰ روزه سیستان بهره گرفته‌اند. نتایج تحقیق بیانگر آن بوده است که طرح شکایت از کشور افغانستان در مجامع بین‌المللی به منظور توقف پروژه‌های سدسازی بر هیرمند در راستای ارتقای امنیت ملی به عنوان یک مرکز مهم در کشور مهم‌ترین راهبرد به منظور کاهش آسیب‌های موجود در شهرستان زابل است و بعد از آن به ترتیب کاهش آسیب‌پذیری زیستی با استفاده از فناوری‌های کارآمد آبیاری قطره‌ای و اعطای تسهیلات ویژه به کشاورزان شهرستان زابل و استان سیستان و بلوچستان به منظور استفاده از اراضی بایر برای کشاورزی، ایجاد مناطق محافظت شده و ممنوعه چرای دام در مناطق مستعد بیابانی شدن در حاشیه غربی شهر و ساخت سکونتگاه‌ها در خارج از مسیر حرکت ماسه‌های منطقه، جزء راهبردهای اساسی جهت مقابله با این پدیده هستند.

عباسی (۱۴۰۰) در پژوهش خود با هدف بررسی بحران گردوخاک و تأثیرات آن بر امنیت مناطق به مطالعه موردی شهرستان اهواز پرداخته است. وی در این مطالعه از آزمون رتبه‌بندی فریدمن استفاده کرده و نتایج را در پنج بُعد مورد بررسی قرار داده است. از این نظر، در بُعد اجتماعی و فرهنگی، مهاجرت از منطقه؛ در بخش اقتصادی، کاهش بازدهی محصولات



کشاورزی؛ در بُعد سیاسی، افزایش نارضایتی از عملکرد دولت؛ در بُعد زیست محیطی، کاهش حاصلخیزی خاک و در بُعد دفاعی- امنیتی نیز افزایش میزان تردهای غیرمجاز به عنوان مهم ترین پیامدهای امنیتی بحران گردوخاک در منطقه شناخته شده اند.

پایی و همکاران (۲۰۲۲) در یک پژوهش اقدام به شناسایی کانون های طوفان شن و ماسه در ناحیه ایران مرکزی با استفاده از تحلیل زمانی و مکانی داده های سنجش از دور نموده اند. مدل پیشنهادی آنان از طریق یک روش چندمرحله ای با استفاده از مجموعه داده های بازه زمانی ۲۰ ساله محصولات MODIS و TerraClimate اجرا شده است. بر اساس نتایج، مساحتی در حدود ۵/۳ درصد از ایران مرکزی به عنوان منابع گردوخاک با پتانسیل بالا شناخته شده است. در این میان، منابع شنی از نظر مساحت (۶۰/۹ درصد) و فراوانی وقوع (بیش از ۵۰ درصد) بیشترین سهم را دارند. از طرفی دیگر، بیشترین فراوانی فصلی گردوخاک در فصل بهار و تابستان بوده است و بیشترین فراوانی سالانه آن در سال ۲۰۰۸ مشاهده شده که ۱۲۰ درصد بیشتر از میانگین ۲۰ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۰) به وقوع پیوسته است.

۲. چهارچوب مفهومی

طوفان گردوخاک با توجه به خصوصیات آن به عنوان یکی از انواع مخاطرات محیطی قلمداد می شود. مخاطرات محیطی، رویدادهای ناگهانی یا تدریجی با منشأ طبیعی یا انسانی محسوب می شوند که در نتیجه آنها سلامت و امنیت جامعه و اسکان بشر با تهدید مواجه می شود. مخاطرات محیطی به منزله پدیده هایی مکرر و مخرب، دائماً در طول حیات کره زمین به وقوع پیوسته و همواره خطری جدی برای انسان بوده اند (UNISDR, 2009: 17).

مطابق تعریف ارائه شده در فرهنگ واژگان علوم زمین، طوفان گردوخاک مجموعه ای است از دود، آلاینده ها و یا دیگر ذرات جامد معلق در هوا با قطری کمتر از ۱۰ میکرومتر و قطر متوسط ۲/۵ میکرومتر که دید افقی را به زیر ۱ تا ۲ کیلومتر محدود می کند. آژانس محیط زیست اروپا (EEA) نیز گردوخاک را چنین تعریف نموده است: ذرات جامد معلق در هوا که از فعالیت های انسانی و منابع طبیعی مانند خاک و آتش سوزی نشئت می گیرند و در



نهایت از طریق نیروی جاذبه زمین ته نشین می شوند و از طریق استنشاق بیش از حد باعث آسیب به سیستم تنفسی انسان و سایر جانداران می شوند (Allaby, 2008: 182). در تعریفی دیگر، گردوخاک به ذرات معلق جامد در هوا که معمولاً قطر کمتر از ۱۰۰ میکرون داشته و در اثر وزش باد تا مسافت بسیار طولانی انتقال می یابند، اطلاق می شود (مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، ۱۳۹۵: ۳). فراوانی وقوع طوفان های گردوخاک که موجب انتشار ذرات مختلف در هر منطقه می شوند به عوامل مختلفی از قبیل سرعت باد، بافت خاک، خشکی هوا، رطوبت خاک، پوشش گیاهی، سیستم هوای محلی، بارندگی، جنگل زدایی، خشک سالی، تغییرات کاربری زمین و انواع فعالیت های انسانی بستگی دارد (حسینی و رستمی، ۱۳۹۷: ۱۰۴). طوفان گردوخاک زمانی شروع می شود که باد مناطق خشکی که خاک های آن سست و تضعیف شده است را درمی نوردد. با این وجود، سرعت باد باید به اندازه ای باشد که بتواند ذرات بزرگ را به حرکت درآورده و سپس به ذرات ریز برخورد کند، زیرا ذرات ریز در یک لایه کم عمق قرار دارند و تنها زمانی پراکنده می شوند که ذرات بزرگ تر مجاور به آنها برخورد کنند. برای مناطق نیمه خشک، باد پایدار با سرعت ۴۰ تا ۵۸ کیلومتر در ساعت برای شروع یک طوفان گردوخاک مورد نیاز است و در مقابل، برای بیابان ها، باد پایدار با سرعتی در حدود ۱۸ تا ۵۸ کیلومتر در ساعت مورد نیاز است. این پدیده معمولاً در خشک ترین مناطق رخ نمی دهد، زیرا زمین اغلب سخت و مسطح بوده و پوشیده از سنگ و شن است. بنابراین، طوفان های گردوخاک عمدتاً نواحی خشک (بیابانی) یا نیمه خشک که در آن زمین از خاک سست و ماسه پوشیده شده است را تحت تأثیر قرار می دهند. به طور خاص، علفزارهای نواحی نیمه خشک که از طریق شخم زدن یا چرای بیش از حد از پوشش گیاهی محروم شده اند، در معرض فرسایش هستند. همچنین حجم قابل توجهی از طوفان های گردوخاک در اراضی نیمه خشک در زمان خشک سالی و دقیقاً زمانی که رطوبت کافی برای چسبیدن دانه های خاک به یکدیگر وجود ندارد رخ می دهد (Carnaige et al. 2008: 229).

امروزه منابع اصلی گردوغبار در کره زمین با استفاده از مشاهدات ایستگاه های زمینی هواشناسی و مجموعه ای از سنسورهای ماهواره ای شناسایی شده است. این منابع عمدتاً



در نواحی بیابانی نیمکره شمالی واقع شده‌اند و محدوده وسیعی را تشکیل می‌دهند که اغلب به آن «کمربند گردوغبار»^۱ اطلاق می‌شود. این کمربند از غرب به بیابان صحرا در آفریقا شروع شده و پس از عبور از غرب آسیا، ایران و آسیای مرکزی تا صحرای گبی چین و مغولستان در شرق امتداد دارد (UNEP, 2020: 5).

در بسیاری از این مناطق، طوفان‌های گردوخاک از سی تا شصت روز در سال رخ می‌دهند. به‌عنوان مثال، گردوخاک برخاسته از بیابان موسوم به صحرا در شمال آفریقا می‌تواند از اقیانوس اطلس به سمت قاره آمریکا و آمازون حرکت کند و به‌عنوان منبع اصلی گردوغبار در دریای مدیترانه نیز محسوب می‌شود. غرب آسیا نیز به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین کانون‌های تولید گردوغبار در جهان شناخته شده است و نواحی مختلف آن اغلب در معرض طوفان‌های شدید گردوخاک محلی و منطقه‌ای واقع شده است. طوفان‌های گردوخاک در این منطقه در طول ماه‌های تابستان بسیار رایج هستند، و اغلب وجود یک الگوی رویدادی که به بادهای شمالی (بادهای شدید از شمال غربی) معروف است در افزایش تعداد و شدت گردوخاک در منطقه نقش اساسی ایفا می‌کند (Akpınar et al. 2021: 8).

۳. روش‌شناسی

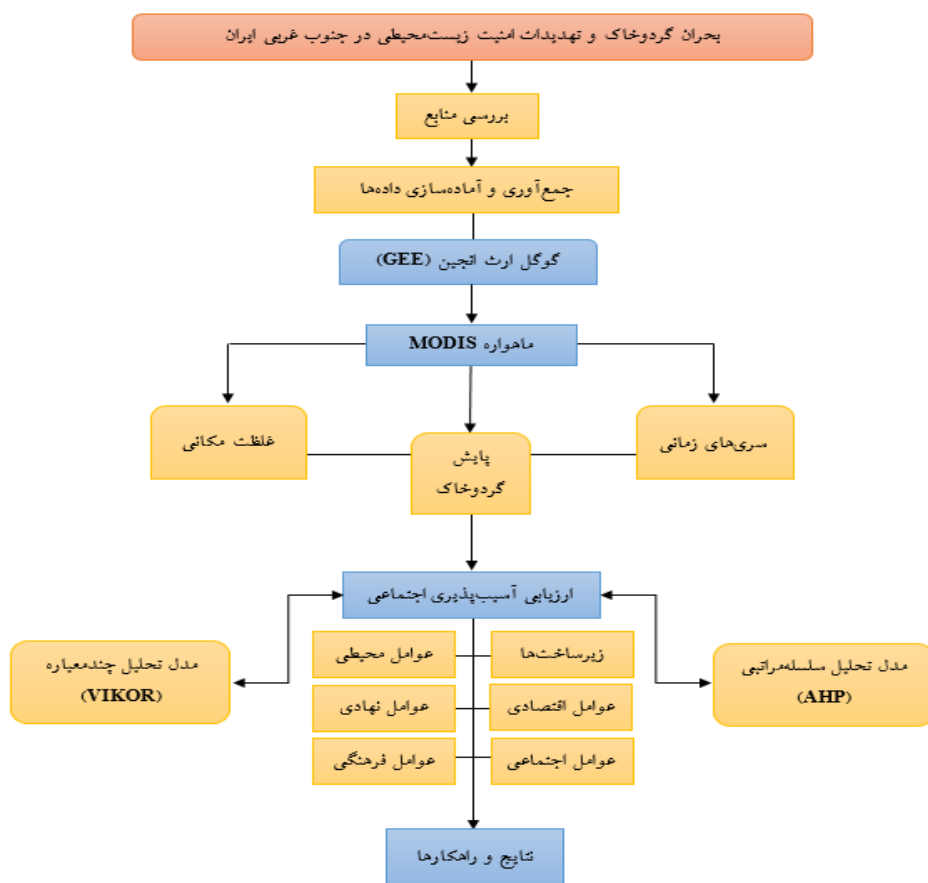
تحقیق حاضر یک مطالعه کاربردی است و با رویکرد توصیفی-تحلیلی به انجام رسیده است. همان‌طور که در نمودار (۱) نشان داده شده است، تحقیق حاضر با توجه به اهداف مطالعه در مراحل مختلفی به انجام رسیده است. در این راستا، ابتدا و پس از تعیین کلیات موضوع، با استفاده از راهبرد جست‌وجو و مراجعه به پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی و خارجی نسبت به جمع‌آوری منابع مطالعاتی مرتبط اقدام شده است. در گام بعدی، به‌منظور پایش روندهای گردوخاک در سطح منطقه، وضعیت «عمق نوری آئروسول»^۲ (AOD) جوی با استفاده از نمودارهای زمانی انتشار گردوخاک در منطقه ارزیابی شده که برای این منظور از قابلیت‌های

1. Dust Belt

2. Aerosol Optical Depth



سامانه «گوگل ارث انجین»^۱ (GEE) بهره گرفته شده و از داده‌های ماهواره MODIS برای پایش گردوخاک بهره گرفته شده است. در این راستا، علاوه بر نمایش روند تغییرات زمانی و مکانی گردوخاک، نقشه تراکم و غلظت گردوغبار نیز ترسیم شده است.



نمودار ۱: مدل عملیاتی تحقیق



در گام بعدی نیز با بهره‌گیری از شاخص‌های مختلف و استفاده از مقایسه‌های وزنی به ارزیابی امنیت زیست‌محیطی با تأکید بر ابعاد آسیب‌پذیری اجتماعی در برابر مخاطره گردوخاک در سطح منطقه پرداخته شده و نتایج حاصل از نظرات کارشناسی در قالب شاخص‌های مختلف وارد تحلیل‌های مکانی شده است. در این راستا، امنیت زیست‌محیطی در برابر این پدیده از نظر شش شاخص مختلف اعم از زیرساخت‌ها، عوامل اقتصادی، عوامل اجتماعی، عوامل فرهنگی، عوامل نهادی و عوامل محیطی و با توجه به روند زمانی و مکانی گردوخاک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و روش تحلیل چندمعیاره ویکور به کار گرفته شده است.

تکنیک ویکور (VIKOR) از جمله تکنیک‌های معروف و رایج «تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره»^۱ است که در راستای حل یک مسئله تصمیم‌گیری گسسته با معیارهای ناهمسان و دارای واحدهای اندازه‌گیری متفاوت و بعضاً متعارض مورد استفاده قرار می‌گیرد. مفهوم ویکور مشتق شده از یک کلمه در زبان صربستانی و به معنای بهینه‌سازی چندمعیاره و راه‌حل سازشی است. این مدل به وسیله «اپریکوویچ و زنگ»^۲ ارائه شده است و بر اساس آن یک مجموعه رتبه‌بندی شده از گزینه‌های موجود با توجه به شاخص‌های متضاد تعیین می‌شود، به‌طوری که رتبه‌بندی گزینه‌ها با توجه به این هدف به انجام می‌رسد و هدف اصلی از آن نزدیکی بیشتر به پاسخ ایدئال هر شاخص است (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۴). تکنیک ویکور کمک شایانی به شناسایی بهترین گزینه‌های جایگزین (آلترناتیوها)^۳ در موقعیت‌هایی با معیارهای متعدد نموده و بر اساس آن می‌توان بهترین انتخاب را با تحلیل دامنه‌ها و وزن‌های مختلف معیارها به دست آورد (Mardani et al. 2016). مدل ویکور در چندین گام پیوسته به انجام می‌رسد که در تحقیق حاضر نیز با استفاده از توابع محاسباتی در محیط Excel، فرایند آن طی شده است.

1. MCDM

2. Opricovic & Tzeng

3. Alternatives

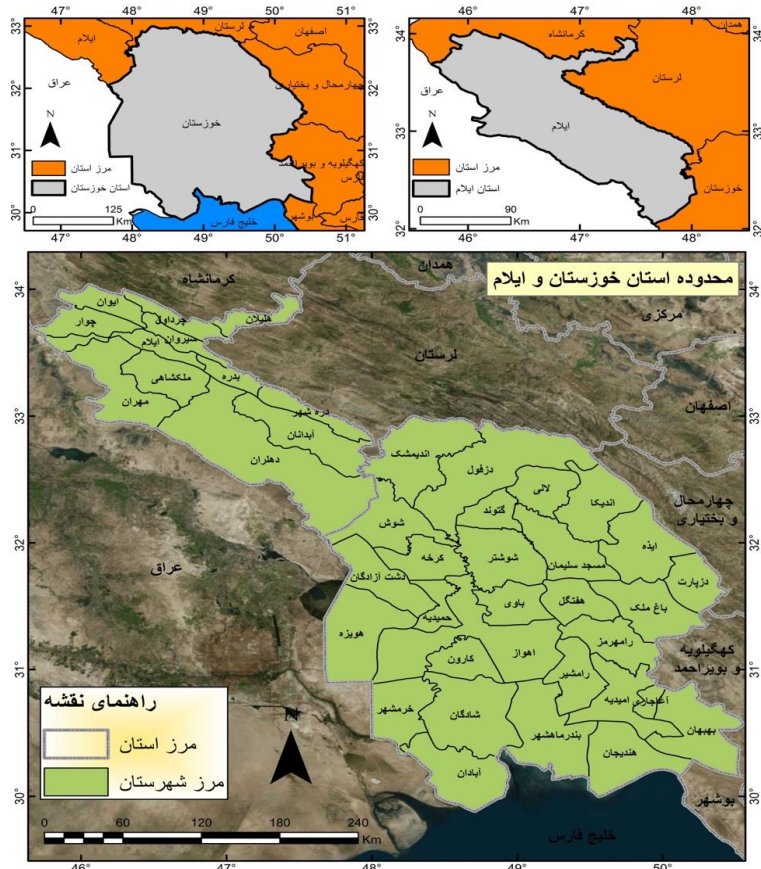


جامعه آماری تحقیق حاضر دربرگیرنده استان‌های جنوب غربی ایران (خوزستان و ایلام) است. از طرفی دیگر و به‌منظور تعمیم نتایج و ارزیابی امنیت زیست‌محیطی، تعداد ۳۰ نفر از متخصصان (اعم از اساتید دانشگاه، کارشناسان استانداری و شهرداری) از ۱۲ شهرستان از بخش‌های مختلف این دو استان به‌عنوان نمونه مورد مطالعه قرار گرفته و با استفاده از تکنیک درون‌یابی در GIS، مقادیر حاصل از نظرات کارشناسی به دیگر نقاط این دو استان تعمیم داده شده است تا نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی در ارتباط با گردوخاک در سطح منطقه حاصل شود.

همچنین استان‌های منطقه جنوب غربی ایران در زمره مناطقی هستند که به‌طور مستقیم در معرض کانون‌های خارجی گردوخاک واقع شده‌اند و علاوه بر آن، گردوخاک در این استان‌ها دارای ماهیت داخلی است. با توجه به موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی خاص استان‌های جنوب غربی ایران، پدیده گردوخاک یکی از عمده‌ترین مخاطرات زیست‌محیطی در این نواحی قلمداد می‌شود (آرامی و همکاران، ۱۳۹۷: ۴۰). عواملی از قبیل کاهش میزان بارندگی، خشک شدن بخش وسیعی از تالاب‌ها و به‌ویژه هورالعظیم، کم شدن جریان و تغییر مسیر رودخانه‌های دجله و فرات از جمله عواملی هستند که در تشدید این پدیده در این نواحی نقش اساسی داشته‌اند (عباسی، ۱۴۰۰: ۱۵۸). وقوع گردوخاک در جنوب غربی ایران منجر به خسارات بسیاری شده و آلودگی آب آشامیدنی و در نتیجه بیماری‌های مختلف همراه شده است. با این حال، تأثیرات آن صرفاً به مشکلات جسمی ختم نمی‌شود، بلکه نشانه‌های روحی و روانی متعدد از قبیل اضطراب، تغییرات خلقی، بی‌قراری، افسردگی، احساس خستگی و کاهش تمرکز را نیز در انسان سبب می‌شود که تمام این موارد نهایتاً در بُعد اجتماعی و ارتباطات جمعی نمایان می‌شود. برای مثال، کاهش نرخ بهره‌مندی و نیز تعطیلی برخی از فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی منجر به بروز اختلالاتی می‌شود که نارضایتی افکار عمومی را در پی داشته و این امر در بحث امنیت اجتماعی جامعه به‌شدت تأثیرگذار خواهد بود (معظم و همکاران، ۱۳۹۷: ۵۵۲؛ مهرابی و همکاران، ۱۳۹۴: ۴).



خوزستان، یکی از استان‌های منطقه جنوب غربی ایران است. از نظر موقعیت جغرافیایی، استان خوزستان بین مختصات ۴۷ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۵۰ درجه و ۳۳ دقیقه و ۱۲ ثانیه طول شرقی و ۲۹ درجه و ۵۲ دقیقه و ۵۶ ثانیه تا ۳۲ درجه و ۵۹ دقیقه و ۴۷ ثانیه عرض شمالی واقع شده است. این استان از سمت شمال به دو استان ایلام و لرستان، از سمت شرق به دو استان چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، از سمت غرب به دو استان بصره و میسان در کشور عراق و از سمت جنوب به آب‌های خلیج فارس منتهی می‌شود. استان ایلام نیز با مساحتی قریب به ۲۰۱۶۴ کیلومتر مربع در غرب رشته‌کوه‌های زاگرس واقع شده است. از نظر مختصات جغرافیایی، ایلام در بین ۴۵ درجه و ۴۰ دقیقه و ۲۳ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۲ دقیقه و ۳۵ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲ دقیقه و ۴۶ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۲ دقیقه و ۱۵ ثانیه عرض شمالی گسترده شده است. ایلام از سمت شمال به استان کرمانشاه، از سمت شرق به استان لرستان، از سمت جنوب به استان خوزستان و از سمت غرب به سه استان دیالی، واسط و میسان در کشور عراق منتهی می‌شود (علی‌پور و احمدی، ۱۳۹۹: ۲۰). در شکل (۱) نقشه موقعیت جغرافیایی دو استان ایلام و خوزستان نشان داده شده است.



شکل ۱: نقشه محدوده مورد مطالعه

۴. تجزیه و تحلیل یافته‌ها

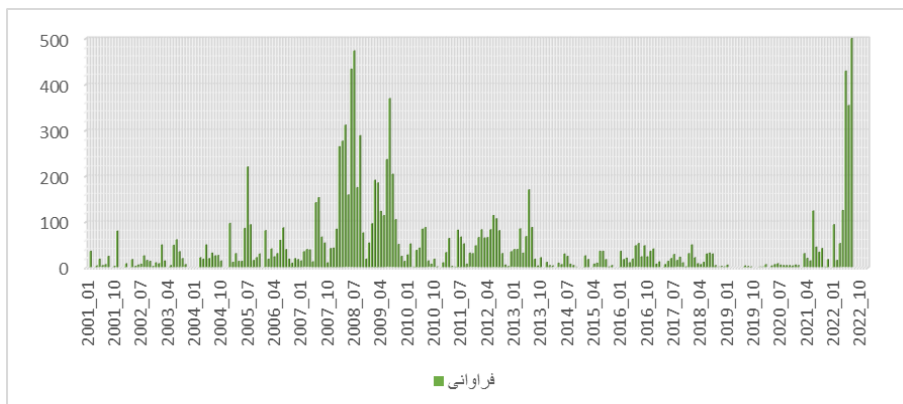
همان‌طور که در بخش روش تحقیق بدان اشاره شد، فرایند تحقیق حاضر دارای دو بخش عملیاتی اساسی است؛ اول، بررسی و پایش روند زمانی و مکانی گرد و خاک و دوم، ارزیابی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی ناشی از آن. بر این اساس، گفتنی است که این دو رویکرد مکمل یکدیگر بوده و نتایج بخش اول به‌عنوان مبنای ارزیابی بخش دوم مورد استفاده قرار گرفته است. از این‌رو، یافته‌ها و نتایج تحقیق به دو بخش کلی تفکیک شده و در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است.



۴-۱. شناسایی الگوهای گردوخاک در سطح منطقه

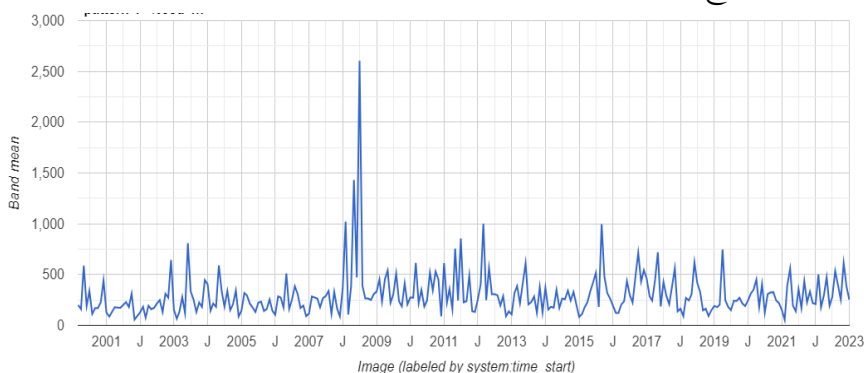
با توجه به فرایند تحقیق، داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های مورد استفاده در بحث حاضر به کار گرفته شده‌اند. از این نظر، در سالیان اخیر با توسعه فناوری سنجش از دور استفاده از ابزارهای پردازشی در مقیاس‌های مکانی و زمانی وسیع به یکی از رویکردهای رایج در زمینه پایش ارزیابی الگوهای گردوخاک تبدیل شده است. از همین رو، از قابلیت‌های پردازشی گوگل ارث انجین در این زمینه بهره گرفته شده است. در این راستا، از داده‌های ماهواره مادیس برای پایش گردوخاک بهره گرفته شده است. تصاویر مادیس در حال حاضر به‌عنوان بهترین منبع داده با وضوح مکانی و زمانی بالا برای شناسایی بصری منابع گردوخاک در نظر گرفته شده و محصول AOD این ماهواره به‌عنوان یکی از ابزارهای سنجش ویژگی‌های آئروسول جو محسوب می‌شود. بنابراین، در این بخش از سری زمانی تصاویر روزانه Terra/Aqua مادیس با ترکیب رنگ حقیقی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ استفاده شده است تا بتوان روند دقیق انتشار گردوخاک در سطح منطقه را شناسایی نموده و ارزیابی مناسبی از مناطق پرمخاطره به انجام رساند.

در نمودار (۲) سری زمانی فراوانی طوفان‌های گردوخاک در سطح منطقه در بازه بین ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ نشان داده شده است. مطابق نمودار حاصله، بیشترین فراوانی سالانه وقایع گردوغبار در طی این بازه مربوط به سال ۲۰۰۸ بوده است که ۲۶۱۲ رویداد گردوخاک در آن ثبت شده است که از این میزان نیز بیشترین وقایع گردوخاک در ماه جولای (۱۱ تیر تا ۱۰ مرداد) این سال با ۴۷۳ مورد شناسایی شده است. از طرفی دیگر، کمترین فراوانی سالانه وقایع گردوخاک در سطح منطقه نیز در سال ۲۰۱۹ اتفاق افتاده است که در آن تنها ۱۹ واقعه گردوغبار مشاهده شده است که حداکثر تعداد ماهانه آن مربوط به ماه ژانویه (۱۲ دی تا ۱۲ بهمن) آن سال بوده است. علاوه بر این، در طی بازه زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳، بیشترین فراوانی وقایع گردوخاک در طول یک ماه در جولای ۲۰۲۲ با تعداد ۷۸۸ مورد رخ داده است و این در حالی است که در بعضی از ماه‌ها در طول سال‌های مختلف نیز هیچ‌گونه رخداد گردوخاکی شناسایی نشده است.



نمودار ۲: فراوانی طوفان‌های گردوخاک در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۳

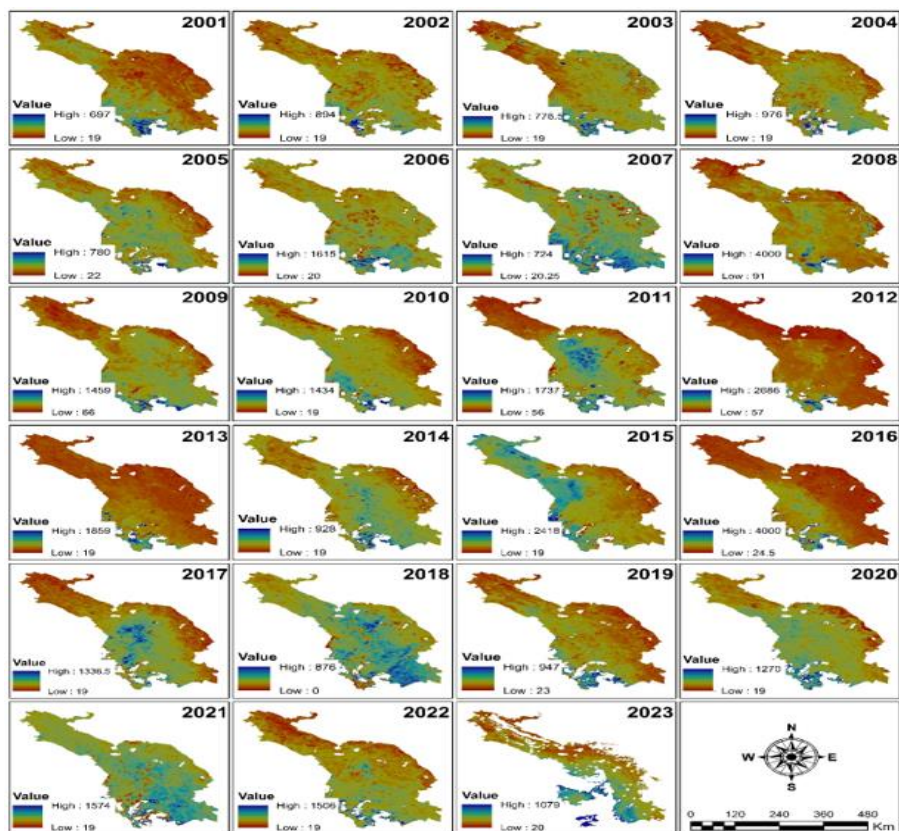
همچنین، در نمودار (۳) سری زمانی گردوخاک در سطح منطقه بر اساس داده‌های AOD باند آبی مادیس (۴۷۰ نانومتر) از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۳ نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودار زیر قابل مشاهده است؛ گردوخاک در سطح استان‌های جنوب غربی ایران در چند مقطع تشدید شده است که یکی از آن‌ها در سال ۲۰۰۸ و دیگری در سال ۲۰۱۲ رخ داده است که از این نظر تا حد زیادی منطبق بر روند تغییرات اقلیمی و کاهش میانگین سالانه گستره آب در سطح منطقه بوده است.



نمودار ۳: سری زمانی طوفان‌های گردوخاک در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۳



نهایتاً، با توجه به اینکه هدف اصلی از فرایند شناسایی الگوهای گردوخاک در سطح منطقه دستیابی به نقشه پراکنش گردوخاک بوده است تا مطابق آن بتوان ارزیابی‌های کارشناسی را ارائه داده و مناطق آسیب‌پذیر در برابر گردوخاک را شناسایی نمود، بنابراین ارزیابی‌ها بر تشخیص روند مکانی گردوخاک در دو استان خوزستان و ایلام معطوف شده است. همان‌طور که در شکل (۲) قابل مشاهده است، پراکندگی و شدت گردوخاک در سال‌های مختلف در نواحی مختلف این دو استان نسبتاً متفاوت است. با این وجود، ارزیابی نقشه حاصله حاکی از این است که به‌طور کلی، شدت و پراکندگی گردوخاک در استان خوزستان در مقایسه با استان ایلام همواره بالاتر بوده است و فقط در سال ۲۰۱۵ گستردگی گردوخاک در سطح بالاتری از استان ایلام رخ داده است که این امر می‌تواند به انتشار گردوغبار با منشأ محلی و یا انتشار آن از کانون‌های خارجی موجود در محدوده سرزمینی کشور عراق مرتبط باشد. علاوه بر این، از میان شهرستان‌های واقع در این دو استان، دو شهرستان آبادان و خرمشهر در خوزستان و شهرستان دهلران در ایلام، شاهد بیشترین فراوانی و پراکنش مکانی طوفان گردوخاک بوده‌اند که می‌تواند زیست اجتماعی شهروندان در این نواحی را تهدید نماید.



شکل ۲: نقشه پراکندگی طوفان گرد و خاک در سطح منطقه

۴-۲. ارزیابی امنیت زیست محیطی در برابر بحران گرد و خاک

در مواجهه با ابعاد اجتماعی روزافزون ناشی از مخاطرات طبیعی، امروزه توجهات بر درک فرایندها، عوامل و تأثیرات آن متمرکز شده است. بر این اساس، آسیب پذیری اجتماعی مفهومی است که حساسیت متفاوت افراد یا نواحی را بر اساس عوامل اجتماعی، فرهنگی، سیاسی و غیره نسبت به بلایا توصیف می کند. به بیانی ساده تر، آسیب پذیری انسانی یا اجتماعی ناظر بر توانمندی و تاب آوری ملزومات و ساختارهای اجتماعی در برابر وقوع یک مخاطره یا فاجعه است. به طور کلی، آسیب پذیری اجتماعی ناشی از ضعف یا نقص در زمینه های علمی و اطلاعاتی، شرایط سیاسی، نهادهای قدرتمند اجتماعی همچون سازمان های

غیردولتی^۱ (NGOs)، عوامل فرهنگی، سن و جنس، زیرساخت‌ها، نژاد یا قومیت و وضعیت اقتصادی و اجتماعی است (Burton et al. 2018: 2). علاوه بر این، «سازمان بهداشت جهانی»^۲ نیز گروه‌های جمعیتی آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات را با مفاهیم ذاتی تعریف می‌کند که شامل عوامل محیطی، اجتماعی و رفتاری است (Yu et al. 2013: 36). در تحقیق حاضر نیز همان‌طور که بیان شد، آسیب‌پذیری اجتماعی در برابر بحران گردوخاک به‌عنوان یکی از جنبه‌های امنیت زیست‌محیطی، بر اساس شاخص‌های مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است. مطابق جدول (۱)، هر یک از شاخص‌های مذکور از مؤلفه‌های مختلفی تشکیل شده و در قضاوت‌های کارشناسی مدنظر واقع شده است.

جدول ۱: شاخص‌های ارزیابی امنیت زیست‌محیطی در برابر بحران گردوخاک

ردیف	شاخص‌ها	مؤلفه‌های ارزیابی
۱	عوامل اجتماعی	سرمایه اجتماعی، امنیت، نیروی انسانی متخصص، سازمان‌های مردم‌نهاد، انطباق‌پذیری
۲	عوامل فرهنگی	ساختار جمعیتی، سطح سواد، باورهای قومی و مذهبی
۳	عوامل اقتصادی	سطح درآمد، وضعیت اشتغال، وضعیت سرمایه‌گذاری، فعالیت اقتصادی غالب
۴	عوامل نهادی	برنامه‌های پدافند غیرعامل، رسانه‌های جمعی، سطح آموزشی و علمی، آمادگی ستاد بحران
۵	عوامل محیطی	کاربری اراضی، شرایط اقلیمی، بافت خاک، گونه‌های گیاهی، ترافیک خودرویی
۶	زیرساخت‌ها	تأسیسات بهداشتی و درمانی، سیستم‌های هشدار، زیرساخت‌های انرژی، مراکز امدادی و انتظامی، کیفیت معابر و دسترسی‌ها

با توجه به جدول فوق، به ارزیابی ابعاد مختلف آسیب‌پذیری اجتماعی در برابر بحران گردوخاک در سطح دو استان ایلام و خوزستان پرداخته شده است. در این راستا، از تکنیک ویکور به‌عنوان یکی از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره بهره گرفته شده است.



تکنیک ویکور گزینه‌ها را رتبه‌بندی نموده و بر اساس یک الگوی وزن‌دهی راه‌حلی به نام سازش را تعیین می‌کند که نزدیک‌ترین راه‌حل به حالت ایدئال است. این تکنیک در چندین گام پیوسته به انجام می‌رسد. هدف از کاربرد تکنیک ویکور در این تحقیق مقایسه شهرستان‌ها (گزینه‌ها) از نظر سطح هر یک از شاخص‌های آسیب‌پذیری اجتماعی (معیارها) است و همان‌طور که در جدول (۲) مشخص شده است، تعداد ۱۲ شهرستان نمونه از مجموع هر دو استان ایلام و خوزستان به عنوان گزینه‌های ارزیابی و ۶ شاخص نیز به عنوان معیارها وارد ماتریس تصمیم‌گیری شده‌اند. بر این اساس، شهرستان‌های ایلام، مهران، دهلران و دره شهر از استان ایلام و شهرستان‌های اهواز، دزفول، کرخه، مسجدسلیمان، ایزه، رامهرمز، آبادان و بهبهان از استان خوزستان جهت نمونه مطالعاتی برگزیده شده‌اند. با توجه به جدول مذکور، از کد A برای گزینه‌ها و کد C برای معیارها استفاده شده است.

جدول ۲: ماتریس اولیه تکنیک ویکور

معیارها (C)	گزینه‌ها (A)
عوامل اجتماعی (C1)، عوامل فرهنگی (C2)، عوامل اقتصادی (C3)، عوامل نهادی (C4)، عوامل محیطی (C5)، عوامل زیرساختی (C6).	ایلام (A1)، مهران (A2)، دهلران (A3)، دره شهر (A4)، اهواز (A5)، دزفول (A6)، کرخه (A7)، مسجدسلیمان (A8)، ایزه (A9)، رامهرمز (A10)، آبادان (A11)، بهبهان (A12).

در مرحله بعدی، ماتریس تصمیم‌گیری ویکور از اعداد واقعی هر شاخص تشکیل شده و سپس به نرمال‌سازی آن توجه شده است (جدول ۳). گفتنی است که عدد واقعی برای هر معیار طبق نظرات کارشناسان و بر اساس نقشه پراکندگی گردو خاک تخصیص یافته است. از این نظر، از کارشناسان خواسته شده است تا به لحاظ نقشه گردو خاک برای هر یک از شهرستان‌های فوق امتیازی بین ۱ تا ۱۰ را اختصاص دهند که عدد ۱ به معنای بهترین وضعیت و عدد ۱۰ به معنای بدترین وضعیت موجود بوده است. در ادامه، جهت نرمال‌سازی مقادیر، توان اعداد واقعی اولیه ماتریس محاسبه شده و جمع هر یک از ستون‌های ماتریس به دست آمده است. سپس به محاسبه جذر مجموع ستون‌ها اقدام شده و اعداد حاصله تقسیم بر اعداد



ماتریس شده است که حاصل این کار وارد مرحله بعدی محاسبات ویکور شده و مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۳: ماتریس نرمال شده تکنیک ویکور

معیارها / گزینه‌ها	عوامل اجتماعی	عوامل فرهنگی	عوامل اقتصادی	عوامل نهادی	عوامل محیطی	عوامل زیرساختی
ایلام	۰/۲۸۹	۰/۳۱۱	۰/۲۷۷	۰/۳۴۱	۰/۲۹۴	۰/۳۸۹
مهران	۰/۳۳۷	۰/۳۵۶	۰/۲۷۷	۰/۴۰۹	۰/۴۴۱	۰/۳۱۱
دهلران	۰/۳۳۷	۰/۴	۰/۳۳۲	۰/۴۰۹	۰/۲۹۴	۰/۳۱۱
دره شهر	۰/۳۳۷	۰/۲۲۲	۰/۳۳۲	۰/۳۴۱	۰/۲۲	۰/۲۳۳
اهواز	۰/۱۹۲	۰/۴۴۵	۰/۲۲۱	۰/۲۰۴	۰/۲۹۴	۰/۲۳۳
دزفول	۰/۲۴	۰/۱۷۸	۰/۲۲۱	۰/۲۰۴	۰/۲۲	۰/۱۵۵
کرخه	۰/۲۴	۰/۲۲۲	۰/۳۸۸	۰/۲۷۲	۰/۳۶۷	۰/۳۱۱
مسجدسلی مان	۰/۲۸۹	۰/۱۷۸	۰/۱۶۶	۰/۲۰۴	۰/۱۴۷	۰/۲۳۳
ایذه	۰/۳۳۷	۰/۱۳۳	۰/۳۳۲	۰/۲۰۴	۰/۲۲	۰/۳۱۱
رامهرمز	۰/۲۴	۰/۱۷۸	۰/۲۷۷	۰/۲۷۲	۰/۲۹۴	۰/۳۱۱
آبادان	۰/۲۸۹	۰/۴۴۵	۰/۳۳۲	۰/۲۰۴	۰/۳۶۷	۰/۳۸۹
بهبهان	۰/۲۸۹	۰/۰۸۹	۰/۲۲۱	۰/۲۷۲	۰/۱۴۷	۰/۱۵۵

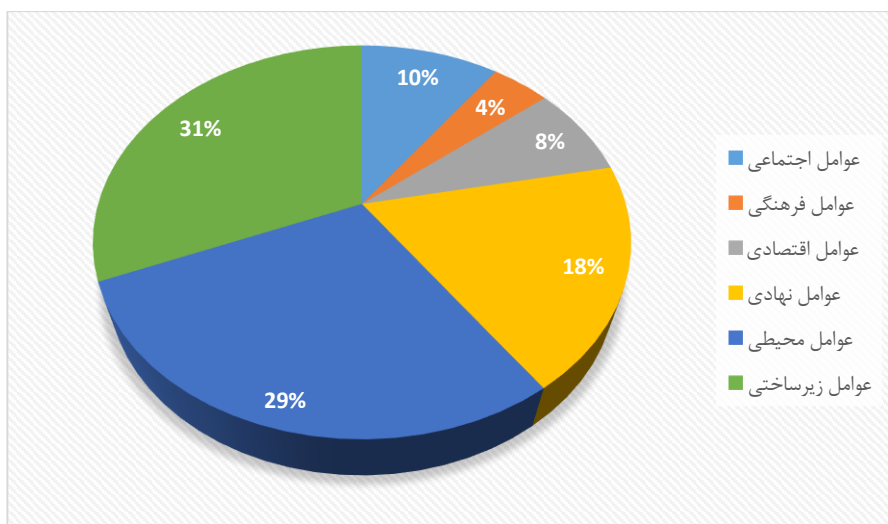
در گام بعدی، ماتریس نرمال وزنی ویکور محاسبه شده است. در این مرحله مقدار fi^+ (بالاترین ارزش) و fi^- (پایین‌ترین ارزش) از ماتریس تصمیم‌گیری استخراج شده و در وزن نسبی هر معیار ضرب می‌شود. از این نظر، بالاترین و پایین‌ترین ارزش هر یک از معیارها با توجه به مقوله سود و زیان آن‌ها تعیین می‌شود و از آنجایی که در بحث حاضر تمامی معیارها از نوع سود می‌باشند، مقادیر بزرگ‌تر به عنوان fi^+ و مقادیر کوچک‌تر به منزله fi^- قلمداد شده‌اند. از سویی دیگر، برای محاسبه ماتریس وزنی از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) بهره گرفته شده است. برای این منظور، از نرم‌افزار Expert Choice که مختص انجام مقایسات



زوجی است، بهره گرفته شده است. در جدول (۴) نتایج ماتریس مقایسات زوجی AHP کارشناسان ارائه گردیده است. با توجه به ضریب سازگاری ماتریس که ۰/۰۶ به دست آمده است و پایین تر از مقدار پیش فرض (۰/۱) بوده است، محاسبات از پایایی مناسبی برخوردار بوده و بنابراین، اوزان حاصل از ماتریس مقایسات زوجی وارد محاسبات بعدی و یکپور شده است.

جدول ۴: ماتریس مقایسات زوجی

معیارها	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
C ₁	۱	۵	۲	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۱۷
C ₂	۰/۲	۱	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲
C ₃	۰/۵	۳	۱	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۳۳
C ₄	۳	۴	۳	۱	۰/۵	۰/۵
C ₅	۴	۴	۴	۲	۱	۱
C ₆	۶	۵	۳	۲	۱	۱



نمودار ۳: وزن نسبی هر یک از معیارهای آسیب پذیری اجتماعی



همان‌طور که در نمودار (۳) قابل مشاهده است، مطابق آرای کارشناسی، عوامل زیرساختی با وزن نسبی ۰/۳۱۲ دارای بالاترین اهمیت در زمینه آسیب‌پذیری اجتماعی است و پس از آن عوامل محیطی با وزن نسبی ۰/۲۸۶، عوامل نهادی با وزن نسبی ۰/۱۸۴ و عوامل اجتماعی با وزن نسبی ۰/۱ قرار دارند. همچنین، عوامل فرهنگی با وزن نسبی ۰/۰۴۲ و عوامل اقتصادی با وزن نسبی ۰/۰۷۶ دارای پایین‌ترین اهمیت در این زمینه بوده‌اند.

در گام بعدی و با استفاده از وزن نسبی حاصله برای معیارها، ماتریس نرمال وزنی تکنیک ویکور محاسبه شده و نتایج آن در جدول (۵) بیان شده است. با توجه به این ماتریس، مقادیر شاخص مطلوبیت (S_j) و شاخص نارضایتی (R_j) بر اساس تمامی گزینه‌ها محاسبه شده است. به عبارتی ساده‌تر، هدف این مرحله محاسبه فاصله گزینه‌ها با مقدار ایدئال است و بر اساس آن پس از محاسبه وزن نسبی معیارها می‌بایست میزان مطلوبیت و نارضایتی محاسبه شود که برای این منظور ابتدا اوزان حاصله در ماتریس تصمیم‌گیری ضرب شده و سپس S_j و R_j تعیین می‌شود. همان‌طور که در جدول زیر قابل مشاهده است، حداکثر مقدار مطلوبیت برای گزینه‌ها برابر با ۰/۷۶۸ و حداقل مقدار آن نیز برابر با ۰/۱۳۶ به دست آمده است. همچنین، حداکثر مقدار نارضایتی محاسبه شده برای گزینه‌ها برابر با ۰/۳۱۲ و حداقل آن نیز برابر با ۰/۰۴۶ بوده است. بنابراین، مقادیر مذکور در محاسبه مقادیر نهایی شاخص ویکور مورد استفاده قرار گرفته است.

جدول ۵: ماتریس نرمال وزندهی شده تکنیک ویکور

گزینه‌ها	مطلوبیت (S_j)	نارضایتی (R_j)
ایلام	۰/۳۴۹	۰/۱۰۷
مهران	۰/۱۹۶	۰/۰۹۲
دهلران	۰/۱۳۶	۰/۰۴۶
دره شهر	۰/۳۴۸	۰/۱۷۸
اهواز	۰/۶۱۳	۰/۳۱۲
دزفول	۰/۷۶۸	۰/۲۱۴
کرخه	۰/۴۸۱	۰/۲۰۸
مسجدسلیمان	۰/۶۸۷	۰/۲۱۴



گزینه‌ها	مطلوبیت (S_j)	نارضایتی (R_j)
ایذه	۰/۴۳۷	۰/۲۵
رامهرمز	۰/۶۱۹	۰/۳۱۴
آبادان	۰/۲۳۶	۰/۱۰۴
بهبهان	۰/۷۲	۰/۲۸۶

نهایتاً، در گام پایانی فرایند تکنیک ویکور، امتیاز نهایی گزینه‌ها از نظر شاخص Qj به دست آمده است (جدول ۶). بر مبنای این شاخص، مقادیر حداقلی و حداکثری برای مطلوبیت و نارضایتی محاسبه شده است. مطابق شاخص وزنی ویکور، هرچه یک گزینه دارای مقدار Qj کمتری باشد، از مطلوبیت کمتری برخوردار است و در مقابل، هرچه مقدار به دست آمده برای گزینه‌ها بیشتر باشد بدین معناست که از بیشترین مطلوبیت برخوردار بوده است. بنابراین، همان‌طور که در جدول ۶ نشان داده شده است، شهرستان بهبهان با مقدار وزنی ۰/۹۱۳ بیشترین مطلوبیت را کسب نموده است و پس از آن شهرستان‌های اهواز با مقدار ۰/۸۷۷ و دزفول با مقدار ۰/۸۱۶ قرار گرفته‌اند. از طرفی دیگر، شهرستان دهلران با مقدار وزنی صفر، دارای کمترین مطلوبیت بوده است و پس از آن شهرستان مهران با مقدار وزنی ۰/۱۳۴ و شهرستان آبادان با مقدار وزنی ۰/۱۸۸ جای گرفته‌اند. بنابراین، نتایج چنین مشخص نموده است که سه شهرستان دهلران، مهران و آبادان آسیب‌پذیرترین نواحی جنوب غربی ایران در برابر بحران گرد و خاک و تبعات ناشی از آن می‌باشند. در مقابل، سه شهرستان بهبهان، اهواز و دزفول دارای کمترین آسیب‌پذیری در این زمینه بوده‌اند.

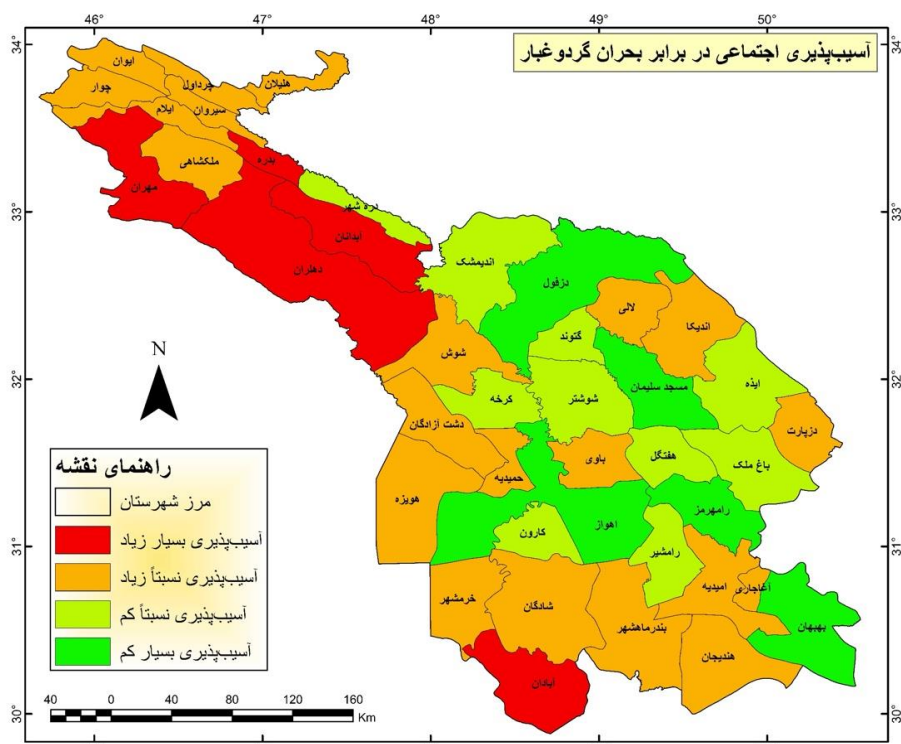
جدول ۶: شاخص وزنی تکنیک ویکور

گزینه‌ها	وزن نهایی (Q_j)	رتبه (R)
ایلام	۰/۲۸۴	۴
مهران	۰/۱۳۴	۲
دهلران	۰	۱
دره شهر	۰/۴۱۷	۵
اهواز	۰/۸۷۷	۱۱
دزفول	۰/۸۱۶	۱۰



رتبه (R)	وزن نهایی (Q _i)	گزینه‌ها
۶	۰/۵۷۷	کرخه
۹	۰/۷۵۲	مسجدسلیمان
۷	۰/۶۲۲	ایذه
۸	۰/۶۹۹	رامهرمز
۳	۰/۱۸۸	آبادان
۱۲	۰/۹۱۳	بهبهان

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، در آخرین گام از ارزیابی‌ها به ترسیم نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی در برابر بحران گردوخاک در جنوب غربی ایران پرداخته شده است. همان‌طور که در شکل (۳) قابل مشاهده است، منطقه مطالعاتی را از این نظر می‌توان به چهار گروه مجزا به شرح «آسیب‌پذیری بسیار زیاد»، «آسیب‌پذیری نسبتاً زیاد» و «آسیب‌پذیری نسبتاً کم» و «آسیب‌پذیری بسیار کم» سطح‌بندی نمود. بر این اساس، شهرستان‌های اهواز، دزفول، مسجدسلیمان، بهبهان و رامهرمز در سطح آسیب‌پذیری بسیار کم نسبت به مخاطره گردوخاک قرار گرفته‌اند؛ اما این بدان معنا نیست که هیچ خطری تهدیدکننده این مناطق نیست بلکه صرفاً در قیاس با سایر مناطق جنوب غربی دارای تاب‌آوری بالاتری هستند که خود این امر به عوامل مختلف اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی، سیاسی، زیرساختی و محیطی بستگی دارد. در مقابل، شهرستان آبادان در استان خوزستان و شهرستان‌های دهلران، مهران، آبدانان و بدره در استان ایلام در سطح آسیب‌پذیری بسیار زیاد واقع شده‌اند. همچنین، سایر شهرستان‌ها در دو استان خوزستان و ایلام دارای آسیب‌پذیری متوسط می‌باشند که در این میان، شهرستان‌های مرزی آسیب‌پذیری نسبتاً زیادتری در مقایسه با سایر نواحی نشان می‌دهند که کاملاً ناشی از فراوانی طوفان‌های گردوخاک و آسیب‌پذیری ادراکی بالای جامعه در آن بوده است.



شکل ۳: نقشه سطح‌بندی آسیب‌پذیری اجتماعی در برابر بحران گردوغبار

نتیجه‌گیری و پیشنهاد

به‌عنوان یکی از مخاطرات محیطی نواحی خشک و نیمه‌خشک، گردوغبار پیامدهای گسترده‌ای به لحاظ اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و حتی سیاسی-امنیتی در گوشه و کنار جهان به بار آورده است. مطالعات مختلف حاکی از این بوده است که شرایط گردوغبار در طی یک دهه اخیر شدت گرفته و این امر امنیت زیست‌محیطی مردم ایران را تحت تأثیر قرار داده است. همچنین آنچه بر تشدید مخاطره‌آفرینی گردوغبار در منطقه افزوده است، برنامه‌ریزی نادرست دولت‌های منطقه برای برداشت بی‌رویه آب‌های سطحی و عدم رعایت حقایق بوده است. به عبارتی دیگر، گسترش گردوغبار در سال‌های اخیر در منطقه جنوب غربی کشور نتیجه خشک‌سالی و نیز استفاده نامناسب از منابع طبیعی در کشور و کشورهای



همسایه بوده که موجب شده زیستگاه‌ها و مناطق بیابانی در این کشورها حفاظت نشده و به سطح فرسایش بادی برسند. بر همین اساس، نتایج حاکی از این بوده است که گردوخاک یکی از مخاطرات محیطی بالقوه در سطح دو استان ایلام و خوزستان است که اغلب در نواحی مرزی این دو استان از شدت بالایی برخوردار بوده است که نشان می‌دهد که گردوخاک اغلب دارای منشأ خارجی است که مستلزم همکاری‌های راهبردی و چندجانبه زیست محیطی و سیاسی در راستای مدیریت اثرات این مخاطره است. بنابراین، با توجه به یافته‌ها و نتایج حاصله، پیشنهادات راهبردی زیر قابل ارائه است:

- ❖ مطابق بررسی‌ها، توجه چندانی به مقوله پدافند غیرعامل در برابر مخاطرات طبیعی در سطح منطقه نشده است. از این رو، تأمین امنیت روانی و جانی مردم با پیش‌بینی اقدامات ایمنی، امنیتی، احتیاطی در مقابل تهدیدات و ایجاد بستر مناسب در راستای تلفیق سیاست‌های دفاع زیست محیطی در برنامه پیشرفت پایدار، هم‌راستا با سیاست‌های توسعه و پیشرفت همه‌جانبه کشور باید مورد توجه قرار گیرد؛
- ❖ ضعف زیرساختی در سطح منطقه بسیار مشهود است و فرایند پیش‌گیری از تخریب سازه‌ها و ساختمان‌ها، شبکه معابر و دسترسی‌ها، تأسیسات حیاتی، مخازن آب، نیروگاه‌ها، خطوط ارتباط تلفن، برق، آب و گاز باید به‌طور جدی مدنظر باشد؛
- ❖ تهیه برنامه جامع مدیریت بحران و پدافند غیرعامل تهدیدات زیست محیطی و به‌ویژه گردوخاک در اولویت‌های استانی و شهرستانی جای بگیرد؛
- ❖ توجه ویژه‌ای به اقدامات پس از بحران و علی‌الخصوص جبران خسارات وارده به کشاورزان با توجه به ضعف ساختارهای اقتصادی منطقه لحاظ شود؛
- ❖ ظرفیت‌های دیپلماتیک و سیاسی جهت حل معضل گردوخاک با منشأ خارجی باید تقویت شود؛
- ❖ با توجه به غلظت گردوخاک در سطح منطقه و تأثیراتی که بر کاهش میزان دید دارد، جهت جلوگیری از وارد شدن هرگونه ضربه احتمالی در آینده توسط دشمنان،



ضرورت دارد که توجه ویژه‌ای به اقدامات کنترل مرزها توسط نیروهای مسلح به انجام برسد تا از این طریق زمینه‌های افزایش ناامنی در منطقه رفع گردد.



فهرست منابع

- آرامی، سید عبدالحسین؛ اونق، مجید؛ محمدیان بهبهانی، علی؛ اکبری، مهری؛ زراسوندی، علیرضا (۱۳۹۷). *تحلیل مطالعات مخاطره گردوغبار در جنوب غرب ایران در دوره ۲۲ ساله (۱۹۹۶-۲۰۱۷)*. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۵(۱)، صص ۶۶-۳۹.
- بالیست، جهانبخش؛ میرزایی، محمدرضا؛ افسری، رسول (۱۴۰۱). *تحلیل فضایی هیدروپلیتیک اروندرود در چند مقیاس به منظور شناسایی عوامل مناقشه برانگیز*. فصلنامه آمایش سیاسی فضا، ۵(۱)، زمستان ۱۴۰۱، صص ۶۹-۵۲.
- حسینی، سید اسعد؛ رستمی، دانا (۱۳۹۷). *واکاوی و ردیابی پدیده گردوغبار در جنوب و جنوب شرق ایران با استفاده از مدل HYSPLIT و اصول سنجش از دور*. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۵(۳)، صص ۱۰۹-۱۰۳.
- سلیمی سبحان، محمدرضا؛ قادری، فاطمه (۱۴۰۳). *تغییر اقلیم و تأثیر آن بر امنیت ملی و بین‌المللی ایران*. فصلنامه علمی آماد و فناوری دفاعی، ۶(۲۱)، بهار ۱۴۰۳، صص ۱۳۰-۹۷.
- صمدیار، حسن؛ صمدیار، رباب (۱۳۹۴). *آلودگی هوا (گردوغبار)، امنیت ملی و راهکارهای پدافند غیرعامل*. سومین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، تهران، خرداد ۱۳۹۴.
- عباسی، فرید (۱۴۰۰). *بحران ریزگردها و تأثیرات آن بر امنیت مناطق (مطالعه موردی: شهرستان اهواز)*. فصلنامه جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۳، بهار ۱۴۰۰، صص ۱۷۴-۱۵۶.
- علی پور، عباس؛ احمدی، مظهر (۱۳۹۹). *تحلیل و بررسی ملاحظات سیاسی، دفاعی و امنیتی آمایش سرزمین در مناطق مرزی کشور (مورد مطالعه: استان ایلام)*. فصلنامه علمی آماد و فناوری دفاعی، ۳(۵)، بهار ۱۳۹۹، صص ۳۹-۱۱.
- فرهادی، علی (۱۳۹۹). *تأثیرات طرح راهبردی آناتولی جنوب شرقی ترکیه (GAP) بر امنیت جمهوری اسلامی ایران*. فصلنامه امنیت ملی، ۱۰(۳۸)، صص ۱۸۵-۲۱۶.
- کاظمی، محمد؛ نفرزادگان، علیرضا؛ محمدی، فریبرز؛ رضایی لطیفی، علی (۱۴۰۰). *شناسایی خاستگاه‌های هواویزهای اتمسفری با استفاده از سنجش از دور و داده‌کاوی (مطالعه موردی: استان یزد)*. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۲(۱)، صص ۶۳-



- کلهر، رضا؛ پورعلی، امید (۱۳۹۹). *راهکارهای کاهش آسیب پذیری زیست محیطی ناشی از ریزگردها (مطالعه موردی: زابل)*. مجله پدافند غیرعامل، ۱۱(۳)، صص ۹۳-۱۰۲.
- مرکز پژوهش های توسعه و آینده نگری (۱۳۹۷). *بررسی تأثیرات برنامه های تنظیم آب کشورهای همسایه در حوضه های مشترک مرزی بر ایران*. گروه آینده نگری آب، محیط زیست و منابع طبیعی، ویرایش یازدهم، اول مهر ماه ۱۳۹۷.
- معظم، ملیحه سادات؛ مهدوی، رسول؛ جوانمرد، سهیلا؛ رضایی، مرضیه (۱۳۹۷). *اثر رخداد های گردوغبار بر بازخورد برخی عوامل اقلیمی استان ایلام*. نشریه محیط شناسی، ۴۴(۳)، صص ۵۴۹-۵۶۳.
- موسسه آموزش و ترویج کشاورزی (۱۳۹۵). *شناخت پدیده گردوغبار و راه های کنترل آن*.
- مهربانی، شهباز؛ جعفری، رضا؛ سلطانی، سعید (۱۳۹۴). *بررسی کارایی شاخص NDDI در پهنه بندی طوفان گردوغبار (مطالعه موردی: استان خوزستان)*. مجله مهندسی اکوسیستم بیابان، ۴(۸)، صص ۱-۱۰.



References

- Abdi, A., Yazdanpanah, Q., & Javadi, Z. (2020). Dust Crises and its Regional Geopolitical and Security Impact in West Asia. *Pollution*, 6(2), 453-468.
- Akpınar-Elci, M., Berumen-Flucker, B., Bayram, H., & Al-Taïar, A. (2021). Climate Change, Dust Storms, Vulnerable Populations, and Health in the Middle East: A Review. *Journal of Environmental Health*, 84(3).
- Allaby, M., & Allaby, M. (Eds.). (2008). *A dictionary of earth sciences* (Vol. 3). Oxford: Oxford university press.
- Boloorani, A. D., Papi, R., Soleimani, M., Karami, L., Amiri, F., & Samany, N. N. (2021). Water bodies changes in Tigris and Euphrates basin has impacted dust storms phenomena. *Aeolian Research*, 50, 100698.
- Burton, C. G., Rufat, S., & Tate, E. (2018). *Social Vulnerability: Conceptual Foundations and Geospatial Modeling. Vulnerability and Resilience to Natural Hazards*, 53-81, Cambridge University Press, 2018.
- Carnagie, J., Lewon, P., & Shomali, L. (2008). *U_X_L Encyclopedia of weather and natural disasters*. The Gale Group, Michigan.
- Jafari, P., Zandkarimi, A., & Jannati, M. (2019). Annual monitoring of Dust storm in Iran and adjacent areas using MODIS images (1396 and 1397 Hijri Shamsi). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*.
- Kamal, A., Wu, C., & Lin, Z. (2020). Interannual variations of dust activity in western Iran and their possible mechanisms. *Big Earth Data*, 4(2), 175-190.
- Kim, S., & Kim, Y. C. (2021). Attention to news media, emotional responses, and policy preferences about public health crisis: The case of fine dust pollution in south korea. *International journal of environmental research and public health*, 18(24), 13325.
- Kok, J. F., Adebisi, A. A., Albani, S., Balkanski, Y., Checa-Garcia, R., Chin, M., ... & Wan, J. S. (2021). Contribution of the world's main dust source regions to the global cycle of desert dust. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(10), 8169-8193.
- Mardani, A., Zavadskas, E. K., Govindan, K., Amat Senin, A., & Jusoh, A. (2016). VIKOR technique: A systematic review of the state of the art literature on methodologies and applications. *Sustainability*, 8(1), 37.
- Papi, R., Attarchi, S., Darvishi Boloorani, A., & Neysani Samany, N. (2022). Characterization of hydrologic sand and dust storm sources in the Middle East. *Sustainability*, 14(22).
- United Nations Environment Programme. (2009). *Impacts of Sand and Dust Storms on Oceans. A Scientific Environmental Assessment for Policy Makers*. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). (2009). *Terminology on Disaster Risk Reduction*. Geneva, Switzerland, May 2009.



- Yue, L., Li, B., Zhu, S., Yuan, Q., & Shen, H. (2023). A fully automatic and high-accuracy surface water mapping framework on Google Earth Engine using Landsat time-series. *International Journal of Digital Earth*, 16(1), 210-233.