

# تحلیل زمانی و مکانی طوفانهای گرد و خاک در ایران

منوچهر فرج زاده اصل<sup>۱\*</sup>، خاطره علیزاده<sup>۲</sup>

۱- دانشیار سنجش از دور و GIS، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

پذیرش: ۸۹/۳/۲

دریافت: ۸۸/۸/۲۰

## چکیده

در این تحقیق طوفان‌های گرد و خاک برحسب فراوانی زمانی و مکانی برای ۵۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در سراسر کشور در طی دوره آماری ۱۹۸۷-۲۰۰۶ بررسی و تجزیه و تحلیل شد. به این منظور داده‌های آمار روزانه کدهای پدیده گرد و خاک از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد و فراوانی آن‌ها به صورت سالیانه و ماهیانه محاسبه و برای اطلاعات مذکور نقشه پراکنده مکانی طوفان‌ها تهیه و تحلیل شدند. نتایج حاصل از بررسی سالیانه پدیده گرد و خاک معلق در هوا نشان می‌دهد که ایستگاه زابل با میانگین فراوانی ۱۸۳ روز بیش‌ترین تعداد روزها و پس از آن ایستگاه‌های زاهدان، بوشهر، طیس، بندرعباس، جاسک، ایرانشهر، همدان و اهواز به ترتیب بیش‌ترین فراوانی‌ها را دارند.

نتایج بررسی فراوانی ماهانه برای پدیده گردخاک معلق در هوا نشان می‌دهد که بیش‌ترین فراوانی مربوط به ماه ژولای و کم‌ترین فراوانی مربوط به ماه دسامبر است. نتایج حاصل از بررسی سالیانه طوفان‌های گرد و خاک نشان می‌دهد که به طور کلی ایستگاه زابل بیش‌ترین فراوانی وقوع طوفان را در طی دوره آماری بررسی شده دارد. از نظر توزیع فراوانی ماهیانه به جز ایستگاه زابل که در ماه ژولای در طی دوره آماری بررسی شده بیش‌ترین فراوانی را دارد و ایستگاه زاهدان که در ماه‌های مارس و فوریه هر کدام با میانگین فراوانی یک طوفان بیش‌ترین فراوانی‌ها را دارند، در سایر ایستگاه‌ها بیش‌ترین فراوانی مربوط به ماه می است. در مناطق مختلف کشور از نظر فراوانی وقوع طوفان می‌توان به چهار طبقه تقسیم کرد.

واژه‌های کلیدی: ایران، طوفان گرد و خاک، تحلیل زمانی، تحلیل مکانی، پهنه بندی.



## ۱- مقدمه

یکی از انواع بلایای طبیعی که هر ساله سبب وارد آمدن آسیب‌های زیست‌محیطی و اجتماعی بسیاری در برخی کشورهای جهان می‌شود، طوفان گرد و خاک است. با توجه به قرار داشتن کشور ایران در منطقه نیمه‌خشک جهان و گسترش حدود ۵۰ درصد آن در منطقه خشک و بیابانی، همه ساله مشکلات و خسارت‌های مالی و جانی که این طوفان‌ها در زندگی مردم به بار می‌آورند، مشاهده می‌شود. طوفان‌های گرد و خاک شامل ذرات ریز خاک هستند و ممکن است در مواقع خاص تا ارتفاع چند کیلومتری بالای سطح زمین پراکنده شوند. بادهای شدید و گردوغبار حفره‌ای مقدار زیادی خاک را از روی زمین‌های خشک و پوشیده از خاک و شن با خود بلند کرده و به حالت متحرک و معلق هوا را تیره و تاریک می‌کنند. کشیده‌شدن و رانده‌شدن چنین هوای اشیاع‌شده از مواد خاکی، ابری را تشکیل می‌دهد که خورشید را پوشانده و یا آن را به‌صورت قرص گداخته و کم‌رنگ نشان می‌دهد.

تاکنون در زمینه طوفان‌های گرد و خاک پژوهش‌های زیاد و با رویکردهای متفاوتی در دنیا انجام شده است. زمان طوفان گرد و خاک دید برحسب شدت پدیده در محدوده وسیعی (از ۱۰ تا ۱۰۰ متر و ۴ تا ۱۰ کیلومتر) تغییر می‌کند. شدت طوفان گرد و خاک به‌وسیله بقای آن و کاهش دید تعیین می‌شود. برحسب تداوم زمانی، این پدیده به دو نوع طوفان گرد و خاک کوتاه‌مدت (تا نیم ساعت) و طولانی‌مدت (تا چند ساعت و حتی یک شبانه روز) تقسیم می‌شود. الکتریسیته جوی مربوط به طوفان گرد و خاک بر روی ارتباطات رادیویی تأثیر می‌گذارد. لایه هوای گرد و خاکی اغلب در ساعت‌های روز به شدت گرم شده و پتانسیل رطوبت نسبی آن به مقدار زیادی کاهش پیدا می‌کند.

نتایج مطالعات رومانف نشان می‌دهد که طوفان‌های خاک در آسیای مرکزی و قزاقستان بیش‌تر در فصل‌های بهار و تابستان روی می‌دهند (Romanof: 1961: 21). طوفان‌های خاک و ماسه روی منابع آب، اقتصاد منطقه و معیشت مردم آثار زیانبار فراوانی دارند (Al-Farajian and Fadahi: 2001: 42). وای هانگ و شاوانشی پس از بررسی عامل وقوع طوفان‌های گرد و خاک در کشور چین را گرمایش زمین در بیابان مغولستان و سرمایش زمین در شمال کشور

چین به خصوص در حوضه تاریخی می‌دانند (Weihong and Shaoyinishi: 2001: 15). مکین تاش و همکاران به بررسی یکی از بزرگ‌ترین طوفان‌های خاک در قسمت‌های غربی استرالیا و شرایط خشک‌سالی که با خود در پی داشت و علل وقوع آن در ۲۳ اکتبر ۲۰۰۲ پرداختند (Mactanish and et al.: 2002:1227). وانگ و فانگ نیز به بررسی انتشار گرد و خاک از نظر آماری و سینوپتیکی در آسیای شرقی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که سیستم‌های سینوپتیکی که به سمت مناطق بیابانی شمال آسیا می‌وزند، اگر در سطح زمین بادهایی با سرعت بیش‌تر از شش متر بر ثانیه ایجاد کنند، باعث گسترش طوفان گرد و خاک می‌شوند (Wang and Fang: 2006: 57). چان و یو تأثیر طوفان‌های گرد و خاک را بر آلودگی هوای شهرهای بزرگ چین بررسی کردند (Chan and Yao: 2006: 1).

دهقانپور به تحلیل آماری و سینوپتیکی طوفان‌های خاک در فلات مرکزی ایران بین سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۰۰ پرداخت و به این نتیجه رسید که همه طوفان‌های به‌دست آمده تحت تأثیر سیستم‌های سینوپتیکی اقلیمی قرار داشته و در سطح ۵۰۰ میلی‌بار شرایط مساعدی از جهت شکل‌گیری و گسترش ناپایداری‌های سطحی در روی زمین مهیا می‌شود (دهقانپور، ۱۳۷۴: ۲۵). سالاری در یک طرح مطالعاتی نشان داد که عمل باد در تفکیک مواد نرم سطحی از محل تخریب شروع شده و تا فاصله صدها کیلومتری ادامه پیدا می‌کند. گردوغبار حاصل که اغلب از ذرات کلوئیدی (رس و سیلت) تشکیل شده است، کمتر تابع مانع بوده و بیش‌تر به جریان‌ها و قدرت ادامه حرکت باد بستگی دارد (سالاری، ۱۳۷۵: ۳۶). لشکری و همکاران به تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های گرد و خاک استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۵ پرداخته و پس از تعیین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان طوفان در ایستگاه‌ها، به این نتیجه رسیدند که شیو فشار و شیو گرمایی شدید سبب وزش بادهای شدید به‌خصوص در نیمه جنوبی استان خراسان رضوی می‌شود (لشکری و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۷). نکونام به بررسی و تحلیل طوفان‌های گرد و خاک در شهرستان سبزوار در طول دوره آماری ۲۰ ساله و علت‌یابی رخداد طوفان و تعیین جهت غالب طوفان و وضعیت منطقه مطالعه‌شده از نظر توپوگرافی و بافت خاک در ایجاد طوفان و زمان‌های عمده وقوع پدیده پرداخت (نکونام، ۱۳۷۸: ۴۵). حسینی در مطالعه

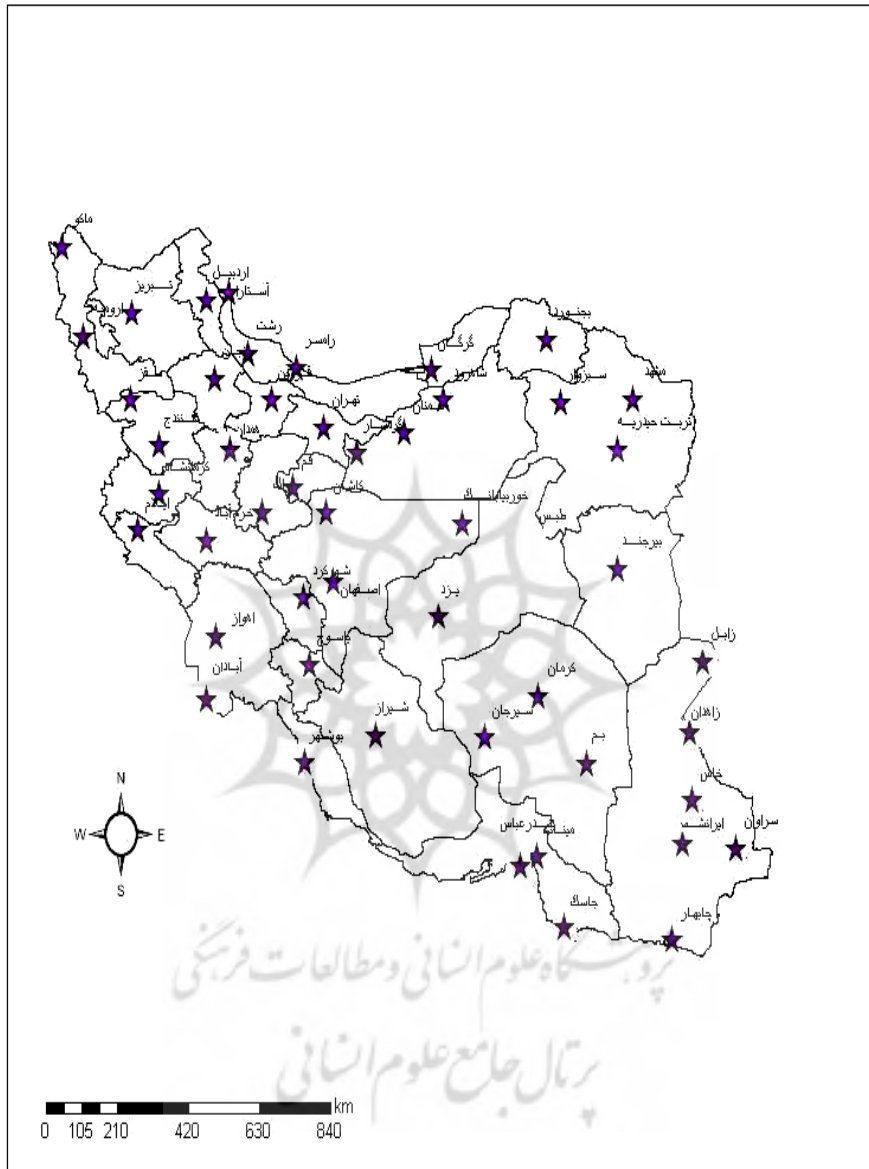


خود به این نتیجه رسید که بادهای روی ایران در مقیاس سینوپتیکی ناشی از کم فشارها، ناوها و پشته‌ها است که در سطح وسیعی از منطقه جغرافیایی خارج از ایران و یا در داخل فلات ایران در فصول مختلف سال استقرار پیدا می‌کند (حسینی، ۱۳۷۹: ۵۵). ایرانمنش و همکاران پژوهشی با هدف شناخت مناطق برداشت طوفان‌های غبارزا و چگونگی انتشار ذرات گرد و خاک با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای در منطقه سیستان انجام داده و مشخص کردند که اصلی‌ترین منطقه برداشت ذرات گرد و خاک بر دریاچه هامون قرار دارد و مسیر طوفان‌ها نیز به طور مجزا از دالان‌های موازی با گرد و خاک بسیار غلیظ و دالان‌های دیگری با غلظت کمتر به سمت ایران، افغانستان و پاکستان ادامه پیدا می‌کند (ایرانمنش و همکاران، ۱۳۸۴: ۷۶). امیدوار به بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های ماسه در دشت یزد- اردکان با استفاده از نقشه‌های سینوپتیک سطح زمین و ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال و داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی، برای بررسی علل وقوع طوفان‌ها و زمان و مکان حداکثر وقوع آن‌ها پرداخت (امیدوار، ۱۳۸۵: ۴۳). پورزندی نیز به بررسی طوفان‌های خاک در یک دوره معین و شناسایی فراوانی آن از نظر زمانی و مکانی و شناسایی آستانه‌های دید افقی که موجب لغو پروازهای فرودگاه دزفول شد، پرداخت (پورزندی، ۱۳۸۶: ۴۷).

با توجه به اینکه تاکنون تحقیق جامعی در خصوص طوفان‌های گرد و خاک که در برگیرنده تمام کشور باشد، انجام نشده است، هدف اصلی این مقاله تحلیل زمانی و مکانی رخداد این پدیده در کشور بوده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، جهت انتخاب ایستگاه‌های مطالعه شده پس از بررسی آمار اخذ شده از سازمان هواشناسی کشور تعداد ۵۰ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک که دارای کامل‌ترین و طولانی‌ترین آماری بوده‌اند، برای یک دوره آماری مشترک ۲۰ ساله ۱۹۸۷ - ۲۰۰۶ انتخاب شدند. شکل ۱ نشان‌دهنده موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مطالعه‌شده و جدول ۱ بیانگر مشخصات آن‌ها است.



شکل ۱ نقشه پراکنندگی ایستگاه‌های بررسی شده در طول دوره آماری (۱۹۸۷-۲۰۰۶)



جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مطالعه شده در طول دوره آماری (۱۹۸۷ - ۲۰۰۶)

ردیف	نام ایستگاه	ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	آبادان	۶/۶۰	۴۸/۲۷	۳۰/۳۶
۲	آستارا	-۱۸/۰۰	۴۸/۸۶	۳۸/۴۱
۳	اهواز	۲۲/۴۰	۴۸/۶۶	۳۱/۳۳
۴	اراک	۱۷۰۸/۰۰	۴۹/۷۶	۳۴/۰۰
۵	اردبیل	۱۳۳۲/۰۰	۴۸/۲۸	۳۸/۲۵
۶	ایرانشهر	۵۹۱/۱۰	۶۰/۷۰	۲۷/۲۰
۷	اصفهان	۱۵۵۰/۴۰	۵۱/۶۶	۳۲/۶۱
۸	ایلام	۱۳۳۷/۰۰	۴۶/۴۳	۳۳/۶۳
۹	ارومیه	۱۳۱۵/۹۰	۴۵/۰۰	۳۷/۵۳
۱۰	بم	۱۰۶۶/۹۰	۵۸/۳۵	۲۹/۰۰
۱۱	بندرعباس	۹/۸۰	۵۶/۳۶	۲۷/۲۱
۱۲	بیرجند	۱۴۳۱/۰۰	۵۹/۲۰	۳۲/۸۶
۱۳	بجنورد	۱۰۹۱/۰۰	۵۷/۳۲	۳۷/۴۷
۱۴	بوشهر	۱۹/۶۰	۵۰/۸۱	۲۸/۹۶
۱۵	تبریز	۱۳۶۱/۰۰	۴۶/۲۸	۳۸/۰۰
۱۶	تربت حیدریه	۱۴۵۰/۸۰	۵۹/۲۱	۳۵/۲۶
۱۷	تهران	۱۱۹۰/۸	۵۱/۱۹	۳۵/۴۱
۱۸	جاسک	۵/۲۰	۵۷/۷۶	۲۵/۶۳
۱۹	چابهار	۱۲/۰۰	۶۰/۳۷	۲۵/۴۳
۲۰	خرم‌آباد	۱۱۴۷/۸۰	۹۸/۲۸	۳۳/۴۳
۲۱	خاش	۱۳۹۴/۰۰	۶۱/۲۰	۲۸/۲۲
۲۲	خوربیبانک	۸۴۵/۰۰	۵۵/۰۸	۳۳/۷۸
۲۳	رامسر	-۲۰/۰۰	۵۰/۶۶	۳۶/۹۰
۲۴	رشت	۳۶/۷	۴۹/۳۹	۳۷/۱۲

ادامه جدول ۱

۳۱/۰۰	۶۱/۴۸	۴۸۹/۲۰	زابل	۲۵
۲۹/۴۶	۶۰/۸۸	۱۳۷۰/۰۰	زاهدان	۲۶
۳۶/۶۸	۴۸/۴۸	۱۶۶۳/۰۰	زنجان	۲۷
۳۶/۲۰	۵۷/۷۱	۹۷۷/۶۰	سبزوار	۲۸
۳۵/۵۳	۵۳/۵۵	۱۱۳۰/۸۰	سمنان	۲۹
۳۶/۲۶	۴۶/۲۶	۱۵۲۲/۸۰	سقز	۳۰
۳۵/۳۳	۴۷/۰۰	۱۳۷۳/۴۰	سنندج	۳۱
۲۷/۰۰	۶۱/۳۰	۱۱۶۵	سراوان	۳۲
۲۹/۴۷	۵۵/۶۸	۱۷۳۹/۴۰	سیرجان	۳۳
۳۲/۲۸	۵۰/۸۵	۲۰۴۸/۹۰	شهرکرد	۳۴
۲۹/۵۳	۵۲/۶۰	۱۴۸۱/۰۰	شیراز	۳۵
۳۶/۲۵	۵۴/۵۷	۱۳۴۵/۳	شاهرود	۳۶
۵۷/۴۲	۳۶/۲۴	۶۹۰	طبرس	۳۷
۳۴/۴۹	۵۰/۵۶	۹۳۰	قم	۳۸
۳۶/۲۵	۵۰/۰۰	۱۲۷۹/۲۰	قزوین	۳۹
۳۳/۹۸	۵۱/۴۵	۹۸۲/۳۰	کاشان	۴۰
۳۴/۳۵	۴۷/۰۰	۱۲۱۸/۸	کرمانشاه	۴۱
۳۰/۱۵	۵۶/۵۸	۱۷۵۳/۸	کرمان	۴۲
۳۶/۸۵	۵۴/۲۶	۱۳/۳۰	گرگان	۴۳
۳۵/۲۰	۵۲/۲۷	۸۲۵/۳۰	گرمسار	۴۴
۳۶/۲۶	۵۹/۶۳	۹۹۹/۲۰	مشهد	۴۵
۳۹/۳۳	۴۴/۴۳	۱۴۱۱/۳۰	ماکو	۴۶
۲۷/۰۷	۵۷/۰۶	۶	میناب	۴۷
۳۵/۱۲	۴۸/۷۱	۱۶۷۹/۷۰	همدان	۴۸
۳۱/۹۰	۵۴/۲۸	۱۲۳۷/۲۰	یزد	۴۹
۳۰/۰۵	۵۱/۵۲	۱۸۷۰	یاسوج	۵۰



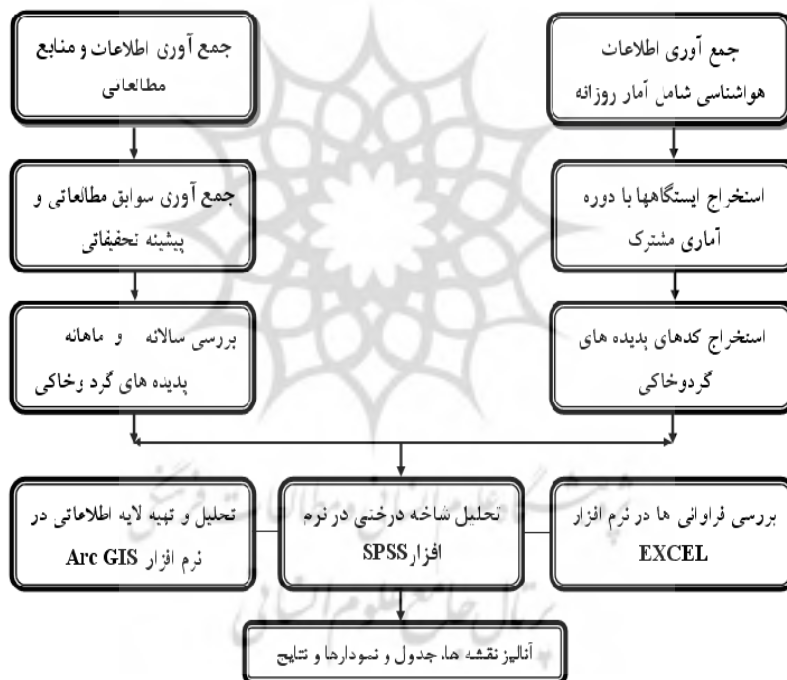
کدهای مربوط به پدیده‌های گرد و خاکی از میان سایر کدها به روش فیلترکردن در نرم‌افزار اکسل جدا و سپس فراوانی هر یک از کدها در هر یک از ایستگاه‌های منتخب برای دوره آماری ۲۰ ساله در کدهای مربوط به طوفان‌های گرد و خاک (۳۵، ۳۴، ۳۳، ۳۲، ۳۱ و ۰۹) و کدهای مربوط به پدیده گرد و خاک (۰۶ و ۰۷) که مشخصات آن در جدول ۲ ذکر شده است و به‌صورت سالیانه و ماهیانه به‌وسیله نرم‌افزار SPSS به‌دست آمده است، در جداول مربوط به هر کدام قرار داده شده است.

جدول ۲ کدهای مربوط به طوفان گرد و خاک

شماره کد (ww)	تعریف کدها
۰۶	گردوخاک معلق در هوا که در اثر طوفان شن و خاک نقاط خارج از ایستگاه به ایستگاه آمده است.
۰۷	گردوخاک یا شنی که به‌وسیله باد در ایستگاه و یا نزدیکی آن در ساعت دیدبانی بلند شده است
۰۹	طوفان گردوخاک در ساعت دیدبانی در اطراف ایستگاه
۳۰	طوفان، ملایم یا متوسط گردوخاک یا شن - طی ساعت گذشته از شدت طوفان کاسته شده است.
۳۱	طوفان ملایم یا متوسط گردوخاک یا شن - طی ساعت گذشته شدت طوفان تغییر نکرده است.
۳۲	طوفان ملایم یا متوسط گردوخاک یا شن - طی ساعت گذشته بر شدت طوفان افزوده شده است.
۳۳	طوفان شدید، گردوخاک یا شن - طی ساعت گذشته از شدت طوفان کاسته شده است.
۳۴	طوفان شدید، گردوخاک یا شن - طی ساعت گذشته شدت طوفان تغییر نکرده است.
۳۵	طوفان شدید، گردوخاک یا شن - طی ساعت گذشته بر شدت طوفان افزوده شده است.



شکل ۲ نشان‌دهنده مراحل مختلف تحقیق است. از روش تحلیل خوشه‌ای<sup>۱</sup> و با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی<sup>۲</sup> و ترسیم نمودار شاخه درختی<sup>۳</sup> ایستگاه‌های با وضعیت مشابه از نظر فراوانی سالیانه تعداد روزهای همراه با طوفان گرد و خاک در یک طبقه قرار گرفتند و در نهایت به ۶ طبقه از نظر فراوانی ماهیانه روزهای همراه با طوفان طبقه‌بندی شدند. سپس براساس ارقام مندرج در جداول در پایگاه اطلاعاتی ایستگاه‌ها نقشه پهنه‌بندی مربوط به پراکندگی طوفان‌های گرد و خاک در سراسر کشور با استفاده از محیط نرم‌افزاری آرک‌ویو ترسیم شد.



شکل ۲ نمودار نمایش چارچوب انجام تحقیق

1. Cluster analysis
2. hierachic
3. dendrogram



### ۳- یافته‌های تحقیق

جدول ۳ بیانگر فراوانی روزهای همراه با حالت‌های مختلف گردوخاک بر اساس کدهای جدول ۲ است. ارقام این جدول در نگاه اول نشان می‌دهد که قسمت اصلی و اعظم حالت‌های گردوخاک مربوط به گردوخاک معلق در هوا یا کدهای ۶ و ۷ می‌باشد. برای مثال در ایستگاه آبادان مقدار آن به‌طور متوسط ۶۴ روز در سال است؛ در حالی که در حالت‌های سه‌گانه دیگر به‌ترتیب ۰/۳، ۰/۱۵ و ۰/۰۵ روز می‌باشد که در مقایسه بسیار ناچیز به نظر ولی علی‌رغم فراوانی نسبی کم، در صورت وقوع می‌تواند آثار زیانبار زیست محیطی را برای جوامع به دنبال داشته باشد اصولاً پدیده گرد و خاک معلق در هوا که با کدهای ۰۶ و ۰۷ در اطلاعات سالنامه نشان داده می‌شود، حکایت از وجود ذرات معلق در هوا دارد که ممکن است مدت‌های مدیدی در فضا به‌صورت معلق فعال باشند و برای نشست آن‌ها فرصت بسیار زیادی لازم است. این پدیده هر چند که خطرات به‌نسبت کم‌تری از طوفان‌های گرد و خاک دارد ولی با وجود این به علت ایجاد غبار در هوا، شرایط دید را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

مقایسه مقادیر گردوخاک معلق در هوا در ایستگاه‌های مختلف نشان‌دهنده تغییرات زیاد آن در سطح کشور می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۳ ملاحظه می‌شود، ایستگاه زابل با میانگین فراوانی ۱۸۳ روز یا نیمی از روزهای سال دارای این وضعیت می‌باشد. پس از زابل ایستگاه‌های زاهدان، بوشهر، طبس، بندرعباس، جاسک، ایرانشهر، همدان و اهواز به‌ترتیب با میانگین فراوانی ۱۳۸، ۱۳۵، ۱۱۵، ۱۱۴، ۹۷، ۹۱، ۸۵ و ۸۳ روز سال بیش‌ترین فراوانی‌ها را دارند.

پراکندگی فضایی این پدیده که در شکل ۴ ارائه شده است نشان می‌دهد که کانون اصلی تمرکز این پدیده ابتدا در مناطق شرقی، جنوب شرقی و سپس در مناطق جنوبی و جنوب غربی کشور واقع شده است، به این ترتیب که در زابل و مناطق پیرامونی آن هسته اصلی از تمرکز این پدیده در نیمی از روزهای سال قابل مشاهده بوده و در منطق مرکزی و جنوبی کشور به‌ویژه در قسمت‌های جنوب غرب دارای فراوانی ۱۰۰ روز در سال می‌باشد. علت این موضوع انتقال ذرات گردوخاک از نواحی حاشیه‌ای این مناطق مانند کشور افغانستان با وزش بادهای ۱۲۰ روزه که عاملی محرک محسوب می‌شوند، می‌باشد. بررسی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که در قسمت‌های جنوب غربی کشور برای حرکت گرد و غبار ناشی از جریان‌های هوایی از صحرای عربستان و کشور عراق به سمت

نواحی جنوب غربی ایران می‌باشد که نبود پوشش گیاهی مناسب و فرسایش خاک در این مناطق مزید بر علت شده و در تشدید وضعیت نامناسب بسیار مهم تلقی می‌شود. در نوار ساحلی جنوب کشور، کمبود رطوبت و پوشش گیاهی و هم‌چنین وزش نسیم دریا به خشکی و بالعکس در ساعات مختلف شبانه روز می‌تواند از عوامل تشدیدکننده پدیده‌های گرد و خاکی در این قسمت از کشور باشد. وجود این ذرات عامل بسیار خطرآفرین برای سلامتی انسان‌ها به‌ویژه برای افرادی است که دچار بیماری‌های تنفسی هستند.

از نظر سایر کدهای مطالعه‌شده که بیانگر حالت‌های شدیدتر فعالیت گردوخاک است، فراوانی‌ها به‌طور نسبی بسیار کم‌تر هستند؛ به‌طوری‌که در دوره مطالعاتی مجموع تعداد روزهای همراه با این پدیده در اکثر ایستگاه‌ها زیر ۱۰ روز است که اگر رقم میانگین آن محاسبه شود، ارقام اعشاری خواهد بود و از این نظر نمی‌تواند در خور توجه باشد ولی باید توجه کرد که در صورت رخداد این وضعیت شرایط بحرانی در آن منطقه حاکم نخواهد شد و از این رو می‌تواند آثار بسیار زیانباری را به دنبال داشته باشد. جدول ۳ نشان می‌دهد که تعداد روزهای همراه با کدهای ۳۰، ۳۱ و ۳۲ که نشان‌دهنده وقوع طوفان ملایم تا متوسط در منطقه می‌باشد، تنها در ایستگاه زابل دارای فراوانی میانگین ۴۰ روزه در سال است و در بقیه ایستگاه‌ها از ارقام قابل توجهی برخوردار نیست.

از نظر توزیع فراوانی ماهیانه برای پدیده گرد و خاک معلق در هوا یا همان کدهای ۶ و ۷ طبق جدول ۴ بیش‌ترین فراوانی ماهیانه چه برای ایستگاه‌های با فراوانی کم و چه برای ایستگاه‌های با فراوانی زیاد متعلق به ماه‌های گرم سال، یعنی ماه‌های ژوئن، ژولای و آگوست می‌باشد. دلیل این موضوع وزش بادهای شدیدتر در این روزها از یکسو و خشک‌بودن زمین‌های دارای ذرات گردوخاک که باعث کاهش چسبندگی خاک می‌شود، مربوط دانست. در کل روند افزایش وضعیت گردوخاک از ماه می رو به فزونی گذاشته و پس از طی زمان اوج خود در ماه‌های ژوئن و ژولای در ماه‌های سرد سال افول کرده و به حداقل خود می‌رسد.

مقادیر ایستگاه زابل به عنوان ایستگاه دارای بیش‌ترین فراوانی ماه می، ژوئن، ژولای، آگوست و سپتامبر به ترتیب با ۲۰، ۲۳، ۲۹، ۲۸ و ۲۳ روز ماهیایی هستند که به‌طور تقریب ۹۰ درصد روزهای ماه دارای این وضعیت هستند. در همین راستا ایستگاه اهواز به ترتیب دارای مقادیر ۱۰، ۱۲، ۱۲، ۸ و ۷ روز است که تقریباً یک سوم روزهای ماه‌های مذکور را



شامل می‌شود. در ایستگاه‌هایی که فراوانی کم‌تری دارند، مانند تبریز این مقادیر ۴، ۳، ۱، ۱ و ۲ می‌شود که بیانگر اختلاف بسیار زیاد با ایستگاه‌های مذکور می‌باشد.

با بررسی توزیع ماهیانه می‌توان گفت که به‌طور کلی در فصل گرما، رطوبت که عامل مهمی در به‌هم پیوستگی ذرات خاک است، کاهش پیدا کرده و در به دنبال آن با کاهش پوشش گیاهی، وزش باد ذرات منفصل خاک را در هوا به‌صورت معلق در می‌آورد که خشکی بالای هوا به دلیل کمبود رطوبت و در پی آن کاهش پوشش گیاهی و انفصال ذرات خاک در ماه ژولای از دلایل بالا بودن میزان ذرات معلق در هوا می‌باشد.

پهنه‌بندی گردوخاک کشور از نظر فراوانی و توزیع ماهیانه آن که در شکل ۴ آمده است، نشان می‌دهد ایستگاه‌های سینوپتیک مطالعه شده از نظر فراوانی ماهیانه طوفان‌های گرد و خاک معلق در هوا در چهار طبقه قرار می‌گیرند که در طبقه اول ایستگاه‌های زابل و زاهدان با فراوانی زیاد روزهای همراه با طوفان گرد و خاک قرار می‌گیرند و کانون اصلی تمرکز این طبقه تنها در محدوده شرقی کشور می‌باشد. در طبقه دوم ایستگاه‌های آبادان، یزد و بم قرار می‌گیرند که از نظر پراکنش جغرافیایی، آبادان در بخش جنوب‌غربی و دو ایستگاه دیگر در بخش‌های مرکزی کشور واقع شده‌اند. بین طبقه اول و دوم از نظر فراوانی رخداد گردوخاک تفاوت تقریباً زیادی وجود دارد که علت تفاوت زیاد این است که ایستگاه‌های گروه اول در مسیر وزش بادهای ۱۲۰ روزه قرار داشته و هم‌چنین خشکی منطقه و کمبود پوشش گیاهی آن و در نتیجه منفصل بودن ذرات خاک در ناحیه مذکور عامل تشدیدکننده برای وقوع فراوانی بیش‌تر روزهای همراه با گردوخاک در این طبقه است. در طبقه سوم، ایستگاه‌های اهواز، ایرانشهر، بندرعباس، بوشهر جاسک، خاش، سراوان، شیراز، طیس و همدان قرار می‌گیرند که از نظر جغرافیایی هم در محدوده نوار ساحلی جنوب کشور و هم در محدوده‌های مرکزی مشاهده می‌شوند ولی ایستگاه‌های این گروه در نواحی شمالی هرگز مشاهده نمی‌شود. طبقه چهارم در برگیرنده سایر ایستگاه‌های مطالعه شده می‌باشد که محدوده جغرافیایی آن به‌صورت پراکنده در نواحی مختلف کشور ملاحظه می‌شود ولی تمرکز اصلی آن در نیمه شمالی کشور است. این گروه که نسبت به سایر گروه‌های تفکیک‌شده از فراوانی کم‌تری برخوردارند، بخش اعظم کشور را شامل می‌شود. این موضوع مشخص می‌کند که نیمه شمالی کشور از نظر اقلیمی فراوانی نسبی کم‌تری دارد.

جدول ۳ میانگین و مجموع فراوانی سالیانه برای کدهای مختلف در طول دوره آماری (۱۹۸۷-۲۰۰۶)

ایستگاه	کدهای ۰۷ و ۰۶		کد ۰۹		کدهای ۳۰ و ۳۱ و ۳۲		کدهای ۳۳ و ۳۴ و ۳۵		میانگین کل
	میانگین	مجموع	میانگین	مجموع	میانگین	مجموع	میانگین	مجموع	
آبادان	۱۲۷۱	۶۴	۰/۳	۶	۰/۱۵	۳	۰/۱۵	۱	۱۲۸۹
آستارا	۸	۰/۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸
اهواز	۱۶۱۶	۸۳	۰/۱۵	۳	۰/۴۵	۹	۰/۰۵	۱	۱۶۲۹
اراک	۲۷۳	۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۷۳
اردبیل	۴۷	۲	۰/۰۵	۱	۰/۴	۸	۰/۱	۲	۵۸
اصفهان	۱۶۷	۸	۰	۰	۰/۱	۲	۰	۰	۱۶۹
ایلام	۳۱۶	۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۱۶
ایرانشهر	۱۸۲۰	۹۱	۰/۳۵	۷	۲/۸	۵۶	۰/۱۵	۳	۱۸۸۶
ارومیه	۸۰	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸۰
بم	۱۱۵۰	۵۷	۰	۰	۰/۱	۲	۰/۱۵	۳	۱۱۵۵
بندرعباس	۲۲۹۱	۱۱۵	۰	۰	۰/۲	۴	۰/۳	۶	۲۳۰۱
بوشهر	۲۷۰۳	۱۳۵	۰/۰۵	۱	۰/۰۵	۱	۰	۰	۲۷۰۵
بیرجند	۱۸۷	۹	۰	۰	۰/۰۵	۱	۰	۰	۱۸۹
بجنورد	۲۵۶	۱۳	۰/۱	۲	۰/۱	۲	۰/۱۵	۳	۲۶۳
تبریز	۳۵۷	۱۸	۰/۰۵	۱	۰/۲	۴	۰/۰۵	۱	۳۶۳
تهران	۲۷۶	۱۴	۰	۰	۰/۰۵	۱	۰	۰	۲۷۷
تربت حیدریه	۱۷۸	۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۷۸
جاسک	۱۹۵۱	۹۸	۰/۰۵	۱	۰/۰۵	۱	۰	۰	۱۹۵۳
چابهار	۶۶۳	۳۳	۰/۰۵	۱	۰/۰۵	۱	۰	۰	۶۶۵
خرم آباد	۳۲۰	۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۲۰
خاش	۱۵۷۸	۷۹	۰	۰	۰/۶۵	۱۳	۰/۱	۲	۱۵۹۱
خوربیبانک	۵۶۷	۲۸	۰/۲	۴	۰/۴۵	۹	۰	۰	۵۸۰
رامسر	۵	۰/۲۵	۰	۰	۰/۰۵	۱	۰	۰	۶
رشت	۱۱	۰/۵۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۱
زابل	۳۶۷۰	۱۸۳	۰/۱۵	۳	۴۰/۰۵	۸۰۱	۰/۶	۱۲	۳۶۸۵
زاهدان	۲۷۶۱	۱۳۸	۰	۰	۱/۶۵	۲۳	۰/۸	۱۶	۲۸۱۰
زنجان	۸۵	۴	۰/۰۵	۱	۰	۰	۰	۰	۸۶
سراوان	۱۲۴۰	۶۲	۰	۰	۰/۱	۲	۰	۰	۱۲۴۲
سیرجان	۲۵۰	۱۲	۰/۱۵	۳	۰/۱	۲	۰	۰	۲۵۵
سمنان	۲۴	۲	۰/۰۵	۱	۰/۰۵	۱	۰/۰۵	۱	۲۷
سنندج	۴۱۰	۲۰	۰/۱	۲	۰	۰	۰	۰	۴۱۲
سقز	۱۴۲	۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۲
سبزوار	۲۸۲	۱۴	۰	۰	۰/۱	۲	۰	۰	۲۸۴



ادامه جدول ۳

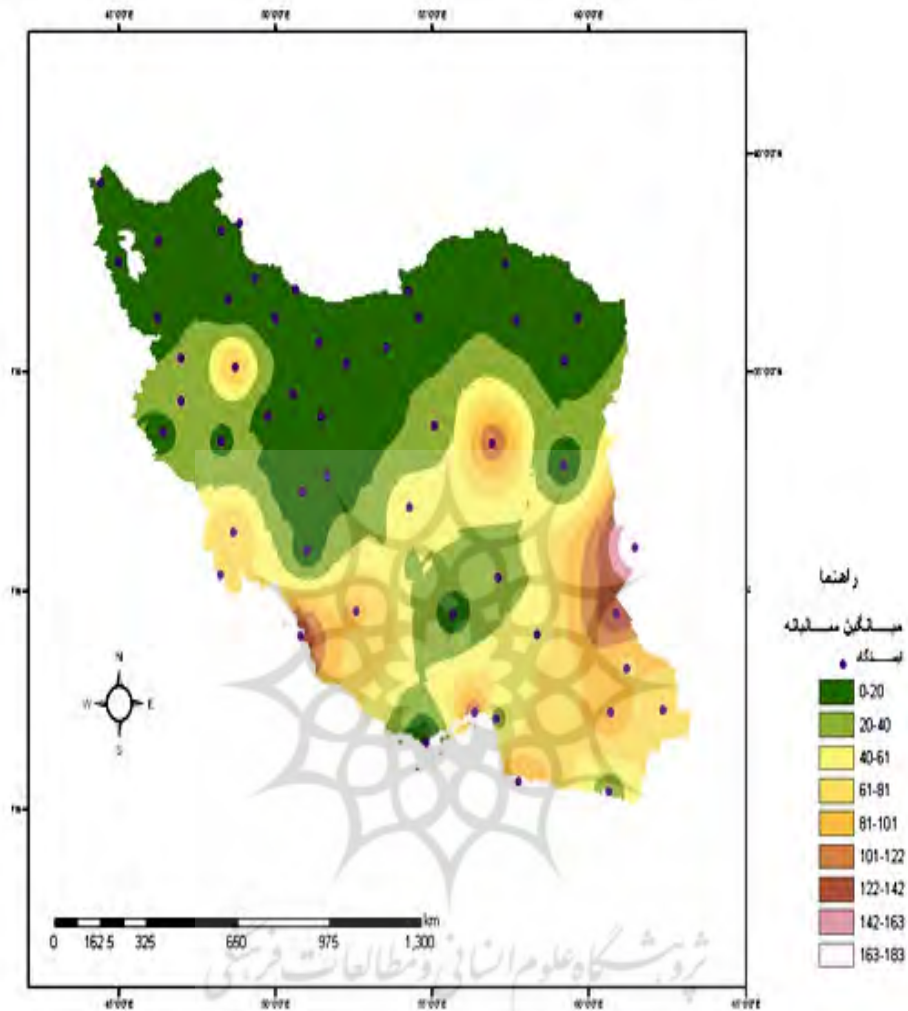
۳	۵۲	۰	۰	۰	۰	۰/۱۵	۳	۲	۴۹	شاهرود
۸۵	۱۷۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۸۲	۱۶۶۱	شیراز
۹	۱۸۶	۰	۰	۰/۰۵	۱	۰/۰۵	۱	۹	۱۸۴	شهرکرد
۱۱۶	۲۳۱۶	۰/۱۵	۳	۰/۶	۱۲	۰/۱	۲	۱۱۴/۹۵	۲۲۹۹	طیس
۱۰	۱۹۹	۰/۱۵	۳	۰/۴	۸	۰/۲	۴	۹	۱۸۴	قم
۹	۱۸۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۹	۱۸۶	قزوین
۳	۵۸	۰/۰۵	۱	۰	۰	۰/۰۵	۱	۳	۵۶	کاشان
۳۰	۶۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۰	۶۰۱	کرمانشاه
۲۲	۴۴۶	۰/۳	۶	۰/۳۵	۷	۰/۱	۲	۲۲	۴۳۱	کرمان
۲	۴۶	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۴۶	گرگان
۲	۴۸	۰/۰۵	۱	۰/۱	۲	۰/۱	۲	۲	۴۳	گرمسار
۳۸	۷۶۳	۰/۱	۲	۰/۰۵	۱	۰	۰	۳۸	۷۶۰	مشهد
۳۹	۷۷۲	۰	۰	۰/۱۵	۳	۰/۰۵	۱	۳۳	۶۶۸	میناب
۱۵	۲۹۵	۰	۰	۰/۰۵	۱	۰/۰۵	۱	۱۴	۲۹۳	ماکو
۸۵	۱۷۰۰	۰	۰	۰	۰	۰/۱۵	۳	۸۵	۱۶۹۷	همدان
۵۱	۱۰۱۲	۰/۱۵	۳	۱/۱۵	۲۳	۰/۱	۲	۴۹	۹۸۴	یزد
۸	۱۶۲	۰	۰	۰/۰۵	۱	۰	۰	۸	۱۶۱	یاسوج

جدول ۴ میانگین ماهیانه کدهای ۰۶ و ۰۷ (گرد و خاک معلق در هوا) در طول دوره آماری ۱۹۸۷-۲۰۰۶

ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	ژولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
آبادان	۱	۴	۶	۶	۹	۱۱	۱۰	۶	۵	۲	۲	۰/۷۵
آستارا	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱۵	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰
اهواز	۱	۴	۶	۷	۱۰	۱۲	۱۲	۸	۷	۵	۴	۰
اراک	۰/۰۵	۰/۱	۰/۳۵	۱	۳	۲/۰۵	۲	۱	۱	۱	۰/۵	۰/۱
اردبیل	۰/۰۵	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۳	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۱۵	۰	۰/۱	۰/۳۵	۰/۲	۰
اصفهان	۰/۰۵	۰/۲	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۲	۰/۱
ایلام	۰/۲۵	۱	۱	۲	۳	۳	۳	۱	۱	۰/۱۵	۰/۲	۰/۰۵
ایرانشهر	۲/۵	۵	۷	۱۲	۱۱	۱۲	۱۶	۱۴	۶	۳	۱	۲
ارومیه	۰	۰	۰/۰۵	۱	۱	۱	۰/۱	۰/۰۵	۰/۴۵	۰/۴	۰/۰۵	۰
بم	۳	۳	۶	۵	۸	۷	۱۰	۶	۳	۲	۲	۲
بندرعباس	۳	۴	۸	۱۲	۱۳	۱۲	۱۷	۱۶	۱۱	۵	۴	۳
بوشهر	۶	۸	۱۳	۱۱	۱۹	۱۸	۱۸	۱۴	۱۰	۷	۶	۴
بیرجند	۰/۲۵	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۰/۱۵	۰/۳	۰/۳۵	۰/۱۵
بجنورد	۰/۱	۰	۰/۳۵	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۰/۸	۰/۴	۰/۳۵
تبریز	۰/۳	۰/۳	۱	۲	۴	۳	۱	۱	۱	۱	۰/۷	۰/۱
تهران	۰/۲۵	۰/۴	۱	۲	۳	۲	۱	۱	۱	۰/۱۵	۰/۶	۰/۲
تربت حیدریه	۰/۱	۰/۱	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۰/۲	۰/۱
جاسک	۷	۱۱	۱۲	۱۱	۱۰	۱۰	۹	۶	۶	۶	۵	۵
چابهار	۳	۳	۴	۳	۲	۳	۵	۳	۱	۱	۲	۳
خرم آباد	۰/۲	۱	۲	۲	۳	۳	۳	۱	۱	۰/۱	۰/۱۵	۰
خاش	۳	۶	۹	۷	۹	۱۰	۱۲	۱۱	۵	۲	۲	۳

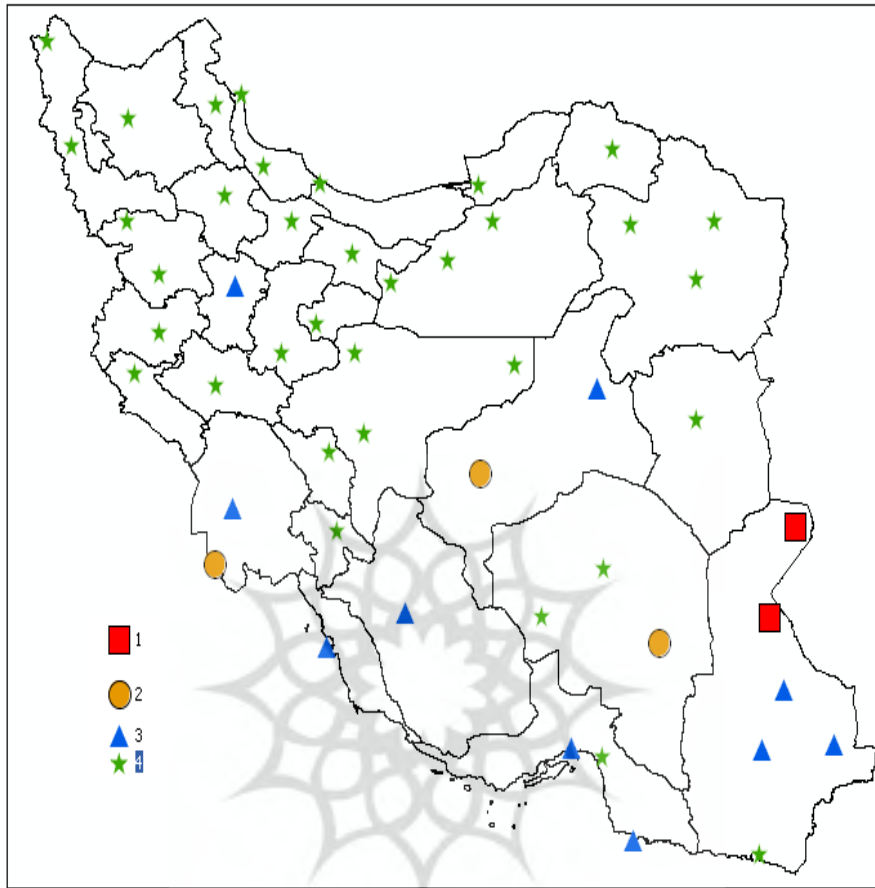
ادامه جدول ۴

۰/۷۵	۰/۸	۱	۱	۱	۳	۴	۵	۴	۴	۲	۱	خوبیابانک
۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۵	۰	۰	۰	۰	رامسر
۰/۰۵	۰/۱	۰	۰	۰/۰۵	۰	۰/۱	۰/۰۵	۰	۰/۰۵	۰/۱۵	۰	رشت
۵	۸	۱۵	۲۳	۲۸	۲۹	۲۳	۲۰	۱۲	۸	۸	۵	زابل
۶	۲	۳	۶	۱۷	۳۱	۱۱	۱۱	۸	۲۵	۱۰	۸	زاهدان
۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۳۵	۰/۲۵	۰/۱	۰/۲	۱	۱	۱	۰/۳۵	۰/۱	۰	زنجان
۳	۳	۴	۷	۱۳	۱۷	۱۴	۱۱	۹	۱۱	۸	۵	سراوان
۰/۴	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۴	۱	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۱	سیرجان
۰	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰	۰/۲	۰/۰۵	۰	۰/۱	۰	سمنان
۰/۴	۰/۷	۱	۱	۲	۴	۴	۴	۲	۱	۰/۴۵	۰	سنندج
۰	۰/۱۵	۱	۰/۵	۰/۵	۱	۱	۱	۱	۰/۲	۰/۰۵	۰	سقز
۰/۱۵	۰/۴	۱	۰/۱۵	۱	۳	۲	۲	۱	۲	۰/۵	۰/۰۵	سبزوار
۰/۰۵	۰	۰/۰۵	۰/۲۵	۰	۰/۳۵	۰/۰۵	۱	۰/۳۵	۰/۶	۰/۰۵	۰/۰۵	شاهرود
۱	۱	۳	۵	۹	۱۵	۱۰	۱۷	۱۱	۸	۳	۱	شیراز
۰/۲	۰/۲۵	۱	۱	۰/۲۵	۱	۱	۲	۱	۱	۰/۰۵	۰/۰۵	شهرکرد
۲	۲	۵	۸	۱	۲۱	۱۹	۱۹	۸	۹	۵	۲	طبرس
۰	۰/۲	۲/۰	۱	۱	۲	۱	۲	۱	۱	۰/۴۵	۰/۲۵	قم
۰/۱	۰/۴۵	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱	۰/۴	۰/۱	۰/۰۵	قزوین
۰/۱	۰	۱	۰/۲۵	۰/۳	۰/۱۵	۰/۳۵	۰/۵	۰/۴۵	۰/۵	۰/۱	۰/۱	کاشان
۰/۰۵	۰/۸	۱	۲	۳	۵	۶	۶	۳	۲	۱	۰/۱۵	کرمانشاه
۰/۹۵	۰/۶	۰/۵	۱	۱	۲	۲	۵	۳	۳	۲	۱	کرمان
۰	۰	۰/۱۵	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۱	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴	۰/۲	۰/۱۵	۰	گرگان
۰/۰۵	۰/۱	۰/۱۵	۰/۱	۰	۰/۰۵	۰/۱	۱	۰/۴۵	۰	۰/۰۵	۰/۱	گرمسار
۰/۷۵	۲	۲	۴	۵	۶	۶	۵	۳	۲	۰/۹	۱	مشهد
۰	۳	۵	۱	۳	۵	۳	۳	۲	۳	۳	۲	میناب
۰	۰/۰۵	۶	۶	۰/۵	۰/۳	۱	۰/۳	۰/۴۵	۰/۵	۰/۴۵	۰	ماکو
۲	۴	۶	۶	۸	۱۲	۱۰	۱۳	۱۱	۵	۴	۲	همدان



شکل ۳ نقشه توزیع فراوانی پدیده گرد و خاک و طوفانهای گرد و خاک بهطور کلی در ایستگاههای مطالعه شده بر اساس میانگین فراوانی سالیانه طی دوره آماری ۱۹۸۷ - ۲۰۰۶





شکل ۴ نقشه پراکندگی طبقه‌بندی ایستگاه‌های مطالعه‌شده بر اساس فراوانی ماهیانه طوفان‌های گرد و خاک معلق در هوا

#### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که طوفان‌های گرد و خاک می‌تواند از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی کشور محسوب شوند. از این‌رو جزو ویژگی‌های اقلیمی کشور



می تواند مورد مطالعات تفصیلی و دقیق قرار گیرد. با توجه به تغییرات اقلیم در چهار گوشه کشور به تبعیت از تغییرات آن، فراوانی رخداد طوفانهای گرد و خاک نیز از تغییرات زیادی در کشور برخوردار است. نتایج حاصل از بررسی سالیانه پدیده گرد و خاک معلق در هوا نشان می دهد که منطقه زابل با میانگین فراوانی ۱۸۳ روز سال، بیشترین تعداد روزها را در کل کشور دارد و پس از آن مناطق زاهدان، بوشهر، طبس، بندرعباس، جاسک، ایرانشهر، همدان و اهواز بیشترین فراوانی ها را به خود اختصاص می دهند؛ فراوانی ماهیانه برای پدیده گرد و خاک معلق در هوا نشان می دهد که بیشترین فراوانی مربوط به ماههای گرم سال در تمامی ایستگاههای مطالعه شده است و در ماههای سرد سال مقدار آن به طور نسبی کاهش پیدا می کند. از نظر روند فراوانیهای ماهیانه از ماه دسامبر تا ژولای روند افزایشی و پس از آن به جز ماه مه که اندکی افزایش دارد، تا ماه ژانویه روند کاهشی است.

## ۵- منابع

- امیدوار ک.؛ بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفانهای ماسه در دشت یزد- اردکان؛ فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، س. ۲۱، ش. ۲، صص ۴۳-۵۸، ۱۳۸۵.
- ایرانمنش ف. و دیگران؛ بررسی مناطق برداشت ذرات گردوغبار و ویژگیهای انتشار آنها در طوفانهای منطقه سیستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای؛ فصلنامه پژوهش و سازندگی، تابستان ۸۴، ش. ۶۷، ص ۷۶، ۱۳۸۴.
- پورزندی و.؛ مطالعه اقلیمی طوفان گرد و خاک با بررسی سامانه های همدیدی موارد خاص در فرودگاه دزفول؛ پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، به راهنمایی مهندس احمد عسکری، ۱۳۸۶.
- حسینی، س. ب.؛ مطالعه سینوپتیکی بادهای شدید تهران؛ پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۹.

- دهقانپور ع.؛ تحلیل آماری و سینوپتیکی طوفانهای خاک در فلات مرکزی ایران بین سالهای ۲۰۰۰-۱۹۹۰؛ رساله اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت معلم، به راهنمایی حجازی زاده و قائمی، ۱۳۷۴.
- سالاری م.؛ طرح بررسی و شناخت مواد آلوده‌کننده هوا؛ سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۵.
- لشکری ح. و دیگران؛ تحلیل آماری سینوپتیکی توفان‌های گردوغبار استان خراسان رضوی در فاصله زمانی ۱۹۹۳-۲۰۰۵، پژوهشهای جغرافیای طبیعی، ش. ۶۵، صص ۱۷-۳۳، ۱۳۸۷.
- نکونام ز.؛ بررسی و تحلیل توفانهای گردوغبار در شهرستان سبزوار، پایان‌نامه کارشناسی؛ ارشد جغرافیا، به راهنمایی کمال امیدوار و داریوش مهرشاهی، ۱۳۸۷.
- Al- Frraji F.; Ating desertification in Iraq; *Desertification Control Bulletin*, No. 33, pp: 42, 2001.
- Chan C. K., Yao X.; Air pollution in mega cities in China ; *Atmospheric Environment*, No. 42, pp: 1-42, 2006.
- Feng Q., Cheng K.; Torms in China: A case study of dust storm variation and dust characteristics; *Bull Eng Geol En V.* 61, pp: 61. 2002.,
- Mctainsh Gr. and et al.; Dust storm in eastern Australia: Characteristics and meteorological conditions; *Science Direct*, No. 39, pp: 1227-1236, 2002.
- Orlovsky L.; Dust storm in Turkmenstan; *Journal of Arid Invironments*, 25, pp: 42, 1962.
- Romanof B. ; Storm in Gobian Zone of Mongolia; *The First PRC-Mongolia Workshope on climate change in arid and semi – arid Region over the Central Asia*, pp: 21, 1961.

- Wang W., Fang, Z.Y., Numerical simulation and synoptic analysis of dust, emission and transport in East Asia; *Global and Planetary Change*, No. 52, pp: 57-70, 2006.
- Weihong Q. and Shaoyinshi; Ations of the dust storm in China and its climate control; *Journal of Climate*, pp: 15, 2001.

