

## کاربرد گلباد و گل‌غبار در تحلیل پدیده‌ی گردوخاک و تعیین رژیم فصلی بادهای همراه با این پدیده (مطالعه‌ی موردی: شهر سبزوار)

کمال امیدوار\* - دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد  
زری نکونام - دبیر فیزیک آموزش و پرورش شهرستان مشهد

پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۸/۱۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۰/۳/۸

### چکیده

یکی از نیازهای اساسی اقلیم‌شناسی، دستیابی به روش‌های آسان، سریع و کاربردی تحلیل داده‌های بادنمایی، به منظور شناخت رژیم وزش بادهای همراه با گردوخاک، است. پدیده‌ی گردوخاک در سبزوار به‌عنوان یک معضل جوی در طی سال به‌طور دائم روی می‌دهد. در این پژوهش، پدیده‌ی گردوخاک از نظر زمانی و فضایی، مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور داده‌های شامل زمان و تاریخ دیده‌بانی، سمت و سرعت باد و وضعیت هوای حاضر ایستگاه سینوپتیک سبزوار، طی دوره‌ی آماری بیست‌ساله (۱۳۶۷-۱۳۸۷) تهیه شد. نتایج حاصل از تحلیل آماری و تحلیل فضایی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار View WRplot (رسم گلباد و گل‌غبار به‌صورت سالانه و فصلی) نشان می‌دهد، به‌طور متوسط ۱۷/۱۵ روز در سال هوا همراه با گردوخاک است و در دوره‌ی آماری ذکرشده وقوع این پدیده، روند افزایشی داشته است. همچنین، در شهر سبزوار، فصل بهار، شایع‌ترین زمان بروز پدیده‌ی گردوخاک است. بررسی گلباد و گل‌غبار سالانه نیز، تشکیل کانال باد را در مسیر شرقی - غربی تأیید می‌کند که کاملاً با وضعیت توپوگرافی منطقه سازگار است. گل‌غبارهای سالانه که به تفکیک دو کُد هواشناسی ۰۶ و ۰۷ ترسیم شدند، مشخص می‌کند، بادهایی که در اثر تشکیل سیستم‌های حرارتی در دوره‌ی گرم سال از نیمه‌ی شرقی به‌سمت منطقه می‌وزند، در ایجاد گردوخاک‌های محلی و گردوخاک‌های فرامنطقه‌ای نقش مهمی دارند؛ اما نقش سیستم‌های غربی، در انتقال ذرات معلق گردوخاک از سرزمین‌های دورتر، پررنگ‌تر است. گل‌غبارهای فصلی نیز، تأثیر سیستم‌های جوی مختلف را در طی سال در شکل‌گیری پدیده‌ی گردوخاک در منطقه بهتر و دقیق‌تر نشان می‌دهد. با آغاز دوره‌ی سرد سال، وزش بادهای همراه با گردوخاک از نیمه‌ی غربی به‌سمت شهر سبزوار شدت گرفته و در زمستان به بیشترین حد خود می‌رسد؛ اما با شروع فصل بهار و عقب‌نشینی سیستم‌های غربی، وزش این بادهای از نیمه‌ی غربی کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که، در فصل تابستان وزش آنها از سمت غرب تقریباً به صفر رسیده و همه از نیمه‌ی شرقی به‌سمت منطقه می‌وزد.

کلیدواژه‌ها: گردوخاک، گلباد، گل‌غبار، رژیم باد، سبزوار.

## مقدمه

دستیابی به روش‌های آسان، سریع و کاربردی تحلیل داده‌های هواشناسی، به منظور شناخت رژیم وزش بادهای همراه با گردوخاک، یکی از نیازهای اساسی متخصصان در کشور گردوخاک‌خیزی مانند ایران است، به‌ویژه در سال‌های اخیر وقوع مکرر و مداوم این پدیده در نقاط مختلف کشور، سبب دشواری‌های بسیاری گشته است. شناخته‌شده‌ترین و ساده‌ترین روش نمایش آماری داده‌های بادسنجی، گلباد است. دیاگرام گلباد، طبقه‌بندی و توزیع سمت و سرعت باد را در طول یک دوره‌ی آماری در یک ایستگاه معین نشان می‌دهد، ولی در مورد وضعیت بادهای همراه با گردوخاک اطلاعات دقیقی به ما نمی‌دهد. در این پژوهش، به منظور رفع مشکل مذکور، دیاگرام دیگری به نام گل‌غبار ترسیم شد.

جکسون<sup>۱</sup> (۱۹۱۳) از اولین پژوهشگرانی است که درباره‌ی اثرات توفان‌های گردوخاک بر جو، مطالعاتی انجام داده است. او تغییرات الکتریسیته جو را در زمان رویداد توفان گردوخاک بررسی کرد. مطالعات عمیق‌تر و سیستماتیک بر روی پدیده‌ی گردوخاک، در اواخر دهه‌ی ۱۹۳۰ و در دهه‌ی ۱۹۶۰ شروع شد. مطالعات اورلوسکی<sup>۲</sup> (۱۹۶۲) در ترکمنستان، توزیعی فضایی - زمانی از توفان‌های گردوخاک را به‌وسیله‌ی یافته‌های ۴۲ ایستگاه هواشناسی در دوره‌ی ۱۹۳۶ - ۱۹۶۰ ثبت کرد (اورلوسکی و همکاران، ۲۰۰۴، ۸۴). چن وینن<sup>۳</sup> (۱۹۹۶) پژوهشی در فلات شمال چین انجام داد و بیان کرد که با افزایش رطوبت خاک، میزان فرسایش بادی کاهش می‌یابد. وی هنگ و شاولین شی<sup>۴</sup> (۲۰۰۱)، علل وقوع توفان‌های گردوخاک را مطالعه و اثر آن را بر آب‌وهوای کشور چین بررسی کردند و دریافتند که گرمایش زمین در پهنه‌ی کشور مغولستان و سرزمین در شمال کشور چین، عامل مؤثر در ایجاد گردوخاک در بخش‌های شمالی این کشور است. گودی و میدلتون<sup>۵</sup> (۲۰۰۱)، در زمینه‌ی توفان‌های شمال آفریقا (صحرا) و آثار آن، پژوهش‌هایی انجام دادند و نشان دادند که گردوخاک حاصل از این توفان‌ها تا نواحی مرکزی اروپا و حتی انگلستان، گسترش می‌یابد. چانگ جین‌ما<sup>۶</sup> و همکارانش (۲۰۰۳)، ذرات منفرد موجود در توفان‌های گردوخاک آسیایی را در یک ایستگاه زمینی در ساحل غربی جزیره‌ی چیجوی کره بررسی کردند. تاناکا<sup>۷</sup> و همکارانش (۲۰۰۵)، احتمال انتقال بین قاره‌ای ذرات گردوخاک را از آفریقای شمالی و خاورمیانه به آسیای شرقی مطالعه کردند. وانگ و فانگ<sup>۸</sup> (۲۰۰۶)، در پژوهشی، انتشار و جابه‌جایی ذرات گردوخاک را از نظر آماری و سینوپتیکی در آسیای شرقی بررسی کرده و دریافتند سیستم‌های سینوپتیکی که به سمت مناطق بیابانی شمال آسیا می‌وزند، اگر در سطح زمین بادهایی با سرعت بیشتر از ۶ متر بر ثانیه ایجاد کنند، توفان‌های گردوخاک شدیدی را ایجاد می‌کنند. یانگ<sup>۹</sup> و همکارانش (۲۰۰۷) در شمال چین، فراوانی وقوع توفان گردوخاک را با توجه به تغییرات آب‌وهوایی در هزار سال گذشته بررسی کردند. بدین منظور از مغزه‌های یخی، حلقه‌های درختان و اسناد

1. Jackson
2. Orlovsky
3. Chen Weinan
4. Weihong & Shaoyinshi
5. Goudi & Midelton
6. Chang-Jin Ma
7. Tanaka
8. Wang & Fang
9. Yang

تاریخی استفاده کردند. پژوهش‌های آنها نشان داد که شکل‌گیری توفان‌ها توسط عامل بارش کنترل می‌شود. لیو و پارک<sup>۱</sup> (۲۰۰۷) گزارش‌های مربوط به توفان‌های گردوخاک و ماسه را از ۳۵۵ ایستگاه هواشناسی چین در دوره‌ی آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۰ جمع‌آوری کردند. از نتیجه‌ی مطالعات آنها یک رابطه لگاریتمی به صورت  $\text{Log}_{10} N = a - bt$  ارائه شد که فراوانی وقوع توفان‌های ماسه و گردوخاک نسبت به مدت استمرار آنها را بیان می‌کند. در این رابطه،  $N$  فراوانی رخداد توفان با زمان استمرار معین،  $t$  زمان استمرار توفان است.  $a$  ثابتی است که به شرایط مکان مورد نظر و  $b$  ثابتی است که به شرایط سطحی و آستانه سرعت باد بستگی دارد. یاداو<sup>۲</sup> و همکارانش (۲۰۰۷)، انواع هواویزه‌های زیستی موجود در توفان‌های گردوخاک شمال و شمال‌غرب هند را بررسی کردند و متوجه شدند تقریباً در تمام نمونه‌ها میکروب نیگروسپورا<sup>۳</sup> وجود دارد که این میکروب، مؤلف نوعی آلرژی کاملاً شناخته‌شده است. منگ و ژنگ<sup>۴</sup> (۲۰۰۷) اثر  $\text{PM}_{2.5}$  (ذرات ریز گردوخاک با قطر آیرودینامیکی کمتر از  $2/5$  میکرون) را بر DNA ریه موش‌ها بررسی کردند. کیانگ<sup>۵</sup> و همکارانش (۲۰۰۷) در شمال شرقی صفحه‌ی شانگهای - تی باتان، میزان رسوب ماسه و گردوخاک را در مدت یک سال ونیم و در شانزده مورد توفان گردوخاک مطالعه کرده و نتیجه گرفتند که رژیم باد یعنی قدرت و وردش‌پذیری آن، کلید کنترل میزان رسوب گردوخاک و ماسه طی توفان گردوخاک است. چان و یو<sup>۶</sup> (۲۰۰۸) اثر ذرات ناشی از توفان‌های گردوخاک را بر آلودگی هوای شهرهای بزرگ چین بررسی کردند. یانگ و همکارانش (۲۰۰۸) در شمال شرقی آسیا فرایندهای جوّی مربوط به رخداد بهاری توفان‌های گردوخاک را بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ مورد بررسی قرار دادند. درمقایسه بین بهار سال‌هایی که بیشترین فراوانی وقوع توفان گردوخاک (۲۰۰۶) و کمترین آن (۲۰۰۳) اتفاق افتاده بود، چرخه‌های غیرعادی در تروپوسفر شناسایی شد. در ایران کارهای محدودی در این زمینه انجام شده است. مرجانی (۱۳۷۲) با استفاده از نقشه‌های سینوپتیک، عوامل مؤثر بر وقوع توفان در استان خراسان را طبقه‌بندی کرد. در سال ۱۳۷۹ حسینی به بررسی تأثیر سیستم‌ها و جریان‌های جوّی ایران، در فصول مختلف سال پرداخت. امیدوار در سال ۱۳۸۴ توفان‌های ماسه در دشت یزد - اردکان را از نظر سینوپتیکی مطالعه کرد. ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴) در پژوهشی با عنوان "تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گردوخاک در غرب ایران" شرایط پیدایش و منشأ سیستم‌های گردوخاک غرب کشور را بررسی کردند.

پدیده‌ی گردوخاک در طول سال به‌طور مکرر در شهر سبزوار اتفاق می‌افتد و از آن‌جا که در بسیاری از موارد، گزارش این پدیده فقط در ایستگاه سینوپتیک سبزوار ثبت می‌شود، یکی از مشکلات جوّی محلی به‌شمار می‌آید. به‌عنوان مثال، در ۲۷ اسفند سال ۱۳۸۰ توفان گردوخاک بسیار شدیدی در این شهر اتفاق افتاد که دید افقی را به کمتر از ۵۰ متر کاهش داد، اما در همان روز، حداقل دید افقی در شهرهای مجاور آن یعنی نیشابور و کاشمر ۱۰۰۰۰ متر و در مشهد به ۶۰۰۰ متر رسید و پدیده‌ی خاصی نیز در گزارش دیده‌بانی هیچکدام از این شهرها ثبت نشد. در تاریخ ۹ خرداد ۱۳۸۷ نیز،

1. Liu & Park
2. Yadav
3. Nigrospora
4. Meng & Zhang
5. Qiang
6. Chan & Yao

توفان گردوخاک بسیار شدیدی در این شهر روی داد (شکل ۱). در این روز باد بسیار شدیدی با سرعت بیش از ۲۰ متر بر ثانیه، به صورت کمربندی از شهر سبزوار وارد استان خراسان رضوی شد و از شهرهای نیشابور، مشهد، قوچان، فریمان و تربت حیدریه گذشت و از شهر سرخس در شمال شرقی این استان خارج شد، با این وجود، فقط در شهر سبزوار توفان گردوخاک بی‌سابقه‌ای به صورت ستون‌های عظیمی از ذرات معلق ظاهر شد و دید افقی را به کمتر از چند متر کاهش داد (اداره‌ی کل هواشناسی مشهد، ۱۳۸۷). در این مقاله به مطالعه‌ی آماری و تحلیل رژیم فصلی بادهای همراه با گردوخاک در شهر سبزوار می‌پردازیم و مهم‌ترین جهات وزش بادهای همراه با گردوخاک را شناسایی می‌کنیم. از نتایج به دست آمده می‌توانیم راه کارهایی برای کاهش و یا کنترل آثار زیانبار این پدیده ارائه دهیم.



شکل ۱. توفان شدید گردوخاک، تاریخ ۱۳۸۷/۳/۹، جاده‌ی کمربندی جنوب سبزوار

## مواد و روش

در این مقاله، برای مطالعه‌ی رژیم باد، شهر سبزوار در دوره‌ی آماری بیست‌ساله (۱۳۴۷-۱۳۸۷) در نظر گرفته شد. به این منظور، ابتدا، داده‌های ساعتی ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک سبزوار در دوره‌ی آماری ذکر شده از اداره‌ی کل هواشناسی مشهد دریافت شد. از میان این داده‌ها، داده‌هایی شامل تاریخ و ساعت دیده‌بانی، جهت و سرعت باد، وضعیت هوای حاضر و گذشته گردآوری شد؛ سپس با استفاده از این داده‌ها تحلیلی آماری در مورد فراوانی وقوع پدیده‌ی گردوخاک در بازه‌های زمانی سالانه، فصلی و ساعتی انجام گرفت. پس از آن، به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های بادسنجی از نرم‌افزار WRPLOT ver 5/9، که برای انجام محاسبه‌های آماری باد و رسم گلباد طراحی شده، استفاده شد. داده‌های مورد استفاده این نرم‌افزار شامل، جهت و سرعت باد از بین داده‌های موجود (در مجموع ۵۷۴۶۲ مورد گزارش ساعتی) گردآوری و به شکل قابل استفاده برای این نرم‌افزار تبدیل شد، سپس گلباد سالانه‌ی شهر سبزوار در شانزده جهت با فواصل ۲۲/۵ درجه و نه طبقه سرعت رسم شد. برای خوانا کردن راهنمای نقشه نیز، از نرم‌افزار PAINT استفاده شد. در جدول ۱، جهات شانزده‌گانه برای رسم گلباد آورده شده است.

جدول ۱. جهات شانزده‌گانه ترسیم دیاگرام گلباد و گل‌غبار

ردیف	جهت	زاویه (درجه)	ردیف	جهت	زاویه (درجه)
۱	شمال	۱۱/۲۵-۳۴۸/۷۵	۹	جنوب	۱۶۸/۷۵-۱۹۱/۲۵
۲	شمال - شمال شرقی	۱۱/۲۵-۳۳/۷۵	۱۰	جنوب - جنوب غربی	۱۹۱/۲۵-۲۱۳/۷۵
۳	شمال شرقی	۳۳/۷۵-۵۶/۲۵	۱۱	جنوب غربی	۲۱۳/۷۵-۲۳۶/۲۵
۴	شرق - شمال شرقی	۵۶/۲۵-۷۸/۷۵	۱۲	غرب - جنوب غربی	۲۳۶/۲۵-۲۵۸/۷۵
۵	شرق	۷۸/۷۵-۱۰۱/۲۵	۱۳	غرب	۲۵۸/۷۵-۲۸۱/۲۵
۶	شرق - جنوب شرقی	۱۰۱/۲۵-۱۲۳/۷۵	۱۴	غرب - شمال غربی	۲۸۱/۲۵-۳۰۳/۷۵
۷	جنوب شرقی	۱۲۳/۷۵-۱۴۶/۲۵	۱۵	شمال غربی	۳۰۳/۷۵-۳۲۶/۲۵
۸	جنوب - جنوب شرقی	۱۴۶/۲۵-۱۶۸/۷۵	۱۶	شمال - شمال غربی	۳۲۶/۲۵-۳۴۸/۷۵

انعطاف‌پذیری نرم‌افزار مذکور سبب شد تا بتوانیم، دیاگرام دیگری با عنوان "گل‌غبار" ترسیم کنیم. برای رسم این دیاگرام، متغیرهای وضعیت هوای حاضر و هوای گذشته از میان تمام متغیرهای موجود در داده‌های ساعتی ایستگاه سینوپتیک سبزوار، مورد بررسی قرار گرفت. کدهای ۶ تا ۹ و ۳۰ تا ۳۵ وضعیت هوای حاضر یک ایستگاه هواشناسی را به هنگام بروز پدیده‌ی گردوخاک با شرایط متفاوت، نشان می‌دهد. در جدول ۲ نام و توضیح مربوط به هر کد آورده شده است (مجموعه‌ی دستورالعمل کدها و روش‌های دیده‌بانی سطح زمین، ۱۳۸۷). بنابراین، ابتدا تمام ساعت‌های دیده‌بانی با گزارش کدهای ذکر شده، انتخاب شد. در مجموع ۶۴۷ مورد گزارش ساعتی پدیده‌ی گردوخاک از بین آمار بیست‌ساله‌ی شهر سبزوار استخراج شد، سپس با استفاده از متغیرهای سرعت و جهت باد مربوط به این داده‌ها و با استفاده از نرم‌افزارهای ذکر شده، دیاگرام گل‌غبار سالانه در شانزده جهت و نه طبقه سرعت کشیده شد. این دیاگرام، طبقه‌بندی و توزیع سمت و سرعت بادهای همراه با گردوخاک را در یک ایستگاه هواشناسی در دوره‌ی آماری مورد نظر مشخص می‌کند. در ادامه، برای انجام مطالعات دقیق‌تر، دیاگرام‌های گلباد و گل‌غبار فصلی به‌روش مذکور رسم شد. در این دیاگرام‌ها، باد آرام بادی تعریف شده است که سرعت آن کمتر از ۱ متربرثانیه باشد.

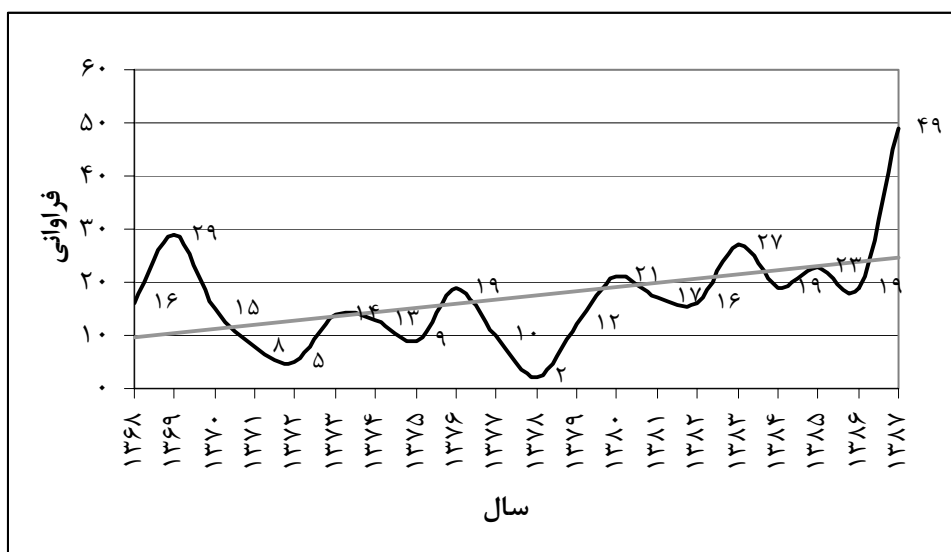
جدول ۲. کدهای مختلف هواشناسی برای بیان انواع پدیده‌ی گردوخاک

کد هواشناسی	نام علمی	توضیحات
۰۶	گردوخاک معلق	گردوخاک معلق در هوا که مسافت زیادی را پوشانده است.
۰۷	گردوخاک	گردوخاک یا ماسه‌ای که در محل ایستگاه از زمین بلند شده است.
۰۸	گردباد	گردبادهای تکامل‌یافته در خود ایستگاه یا اطراف آن.
۰۹	توفان	گردوخاک در ساعت دیده‌بانی در اطراف ایستگاه وجود دارد یا در طی ساعت گذشته در خود ایستگاه وجود داشته است.
۳۰	توفان گردوخاک یا ماسه ملایم	در طول ساعت گذشته، از شدت توفان کاسته شده است.
۳۱	توفان گردوخاک یا ماسه ملایم	در طول ساعت گذشته، شدت توفان تغییری نکرده است.
۳۲	توفان گردوخاک یا ماسه ملایم	در طول ساعت گذشته، بر شدت توفان افزوده شده است.
۳۳	توفان گردوخاک یا ماسه شدید	در طول ساعت گذشته، از شدت توفان کاسته شده است.
۳۴	توفان گردوخاک یا ماسه شدید	در طول ساعت گذشته، شدت توفان تغییری نکرده است.
۳۵	توفان گردوخاک یا ماسه شدید	در طول ساعت گذشته، بر شدت توفان افزوده شده است.

## یافته‌های تحقیق

## تحلیل آماری پدیده‌ی گردوخاک

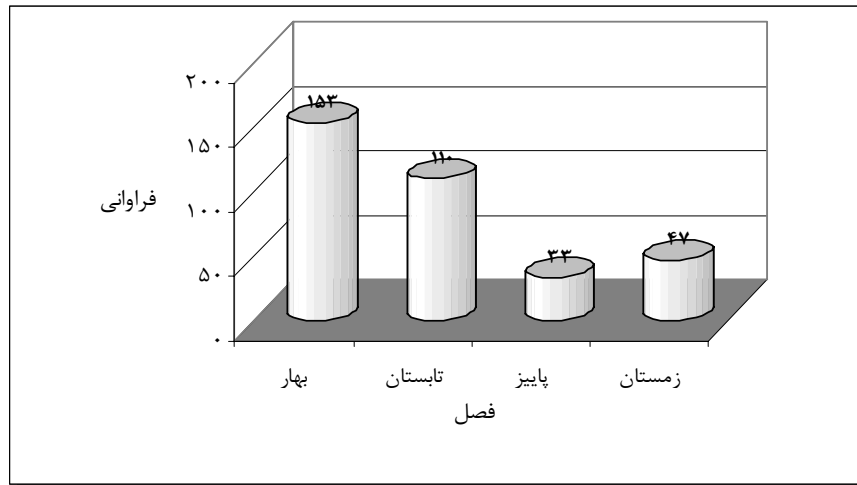
در طول دوره‌ی آماری بیست‌ساله (۱۳۶۷-۱۳۸۷)، در مجموع ۳۴۳ روز توسط ایستگاه هواشناسی سبزوار به‌عنوان روز همراه با پدیده‌ی گردوخاک گزارش شده است. به‌طور میانگین ۱۷/۱۵ روز در سال پدیده‌ی گردوخاک روی می‌دهد. شکل ۲ فراوانی و روند سالانه‌ی روزهای همراه با گردوخاک را در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه نشان می‌دهد.



شکل ۲. فراوانی و روند سالانه‌ی وقوع روزهای همراه با گردوخاک در شهر سبزوار طی دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

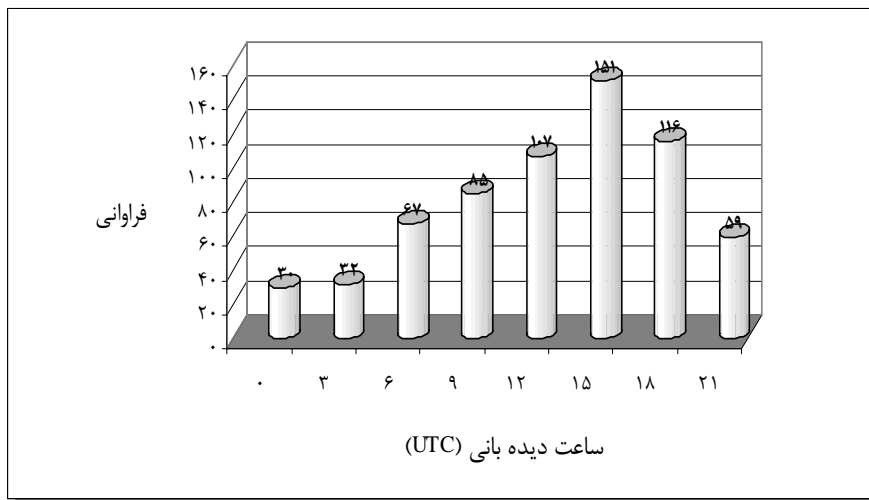
همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، سال ۱۳۸۷ با ۴۹ روز بیشترین و سال ۱۳۷۸ با ۲ روز کمترین فراوانی پدیده‌ی گردوخاک را داشته‌اند. همچنین، با وجود تمام تلاش‌هایی که در زمینه‌ی کنترل و مهار این پدیده با اجرای طرح تثبیت تپه‌های ماسه‌ای در اطراف این شهر که در اداره‌ی منابع طبیعی انجام شده است، وقوع روزهای همراه با گردوخاک طی دوره‌ی آماری مذکور، روند افزایشی داشته است.

در ادامه، وقوع روزهای همراه با پدیده‌ی گردوخاک به‌صورت فصلی مورد مطالعه قرار گرفت. در شکل شماره ۳، فراوانی فصلی روزهای مذکور طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه آورده شده است. با توجه به شکل ۳، در شهر سبزوار، بیشترین فراوانی این پدیده با ۱۵۳ روز، در فصل بهار رخ داده است.



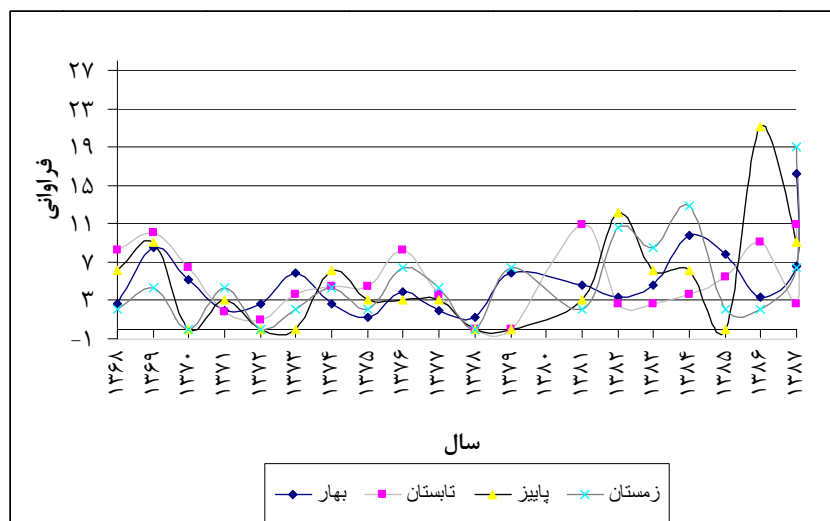
شکل ۳. فرآوانی فصلی وقوع روزهای همراه با گردوخاک در شهر سبزوار طی دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

در شکل ۴ نیز فرآوانی ساعتی پدیده‌ی گردوخاک طی دوره‌ی آماری بیست‌ساله دیده می‌شود. در این شکل بیشترین گزارش ساعتی این پدیده، مربوط به ساعت ۱۵ UTC (۶/۵ بعدازظهر به وقت محلی) با ۱۵۱ مورد گزارش است.



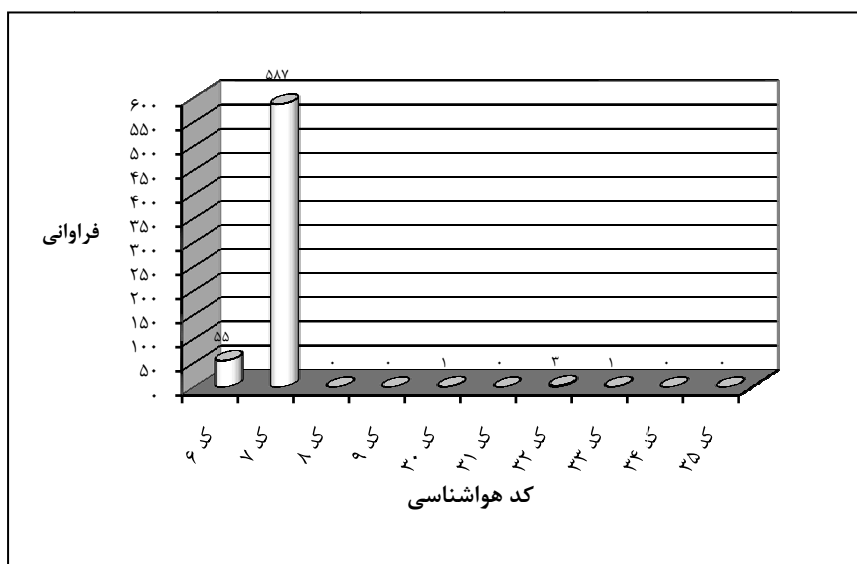
شکل ۴. فرآوانی ساعتی وقوع روزهای همراه با گردوخاک در شهر سبزوار طی دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

در شکل ۵ در طول سال‌های ۱۳۶۸-۱۳۸۷ فرآوانی فصلی پدیده‌ی گردوخاک با هم مقایسه شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، در سال‌های مختلف، نظم مشخصی در وقوع فصلی این پدیده وجود ندارد و این مسئله مبین این نکته است که عوامل مؤثر در ایجاد این پدیده، از سالی به سال دیگر تغییر می‌کنند یعنی شرایط اقلیمی و سیستم‌های هوایی نقش مهم‌تر و پررنگ‌تری در بروز این پدیده نسبت به شرایط محلی دارند.



شکل ۵. مقایسه‌ی فراوانی فصلی وقوع روزهای همراه با گردوخاک در شهر سبزوار طی دوره‌ی آماری ۱۳۸۷-۱۳۶۷

در ادامه، فراوانی گداهای هواشناسی مربوط به پدیده‌ی گردوخاک محاسبه شد که در شکل ۶ این فراوانی‌ها دیده می‌شود. کُد ۰۷ با ۵۸۷ مورد گزارش ساعتی، بیش از ۹۰ درصد مواقع را طی دوره‌ی آماری مورد نظر به‌خود اختصاص داده است. گداهای ۰۸، ۰۹، ۳۱، ۳۴ و ۳۵ در این مدّت اصلاً گزارش نشده است.



شکل ۶. مقایسه‌ی فراوانی گزارش گداهای هواشناسی مربوط به پدیده‌ی گردوخاک در شهر سبزوار طی دوره‌ی آماری ۱۳۸۷-۱۳۶۷

همان‌طور که دیده می‌شود، معضل گردوخاک در سبزوار بیشتر محلی است و به‌صورت بلند شدن ذرات گردوخاک در محل ایستگاه سبزوار گزارش می‌شود. وقوع توفان‌های گردوخاک به‌ندرت اما بسیار شدید و خسارت‌بار است. در جدول شماره ۳، تعداد گزارش‌های هر کُد به تفکیک ماه‌های سال آورده شده است.



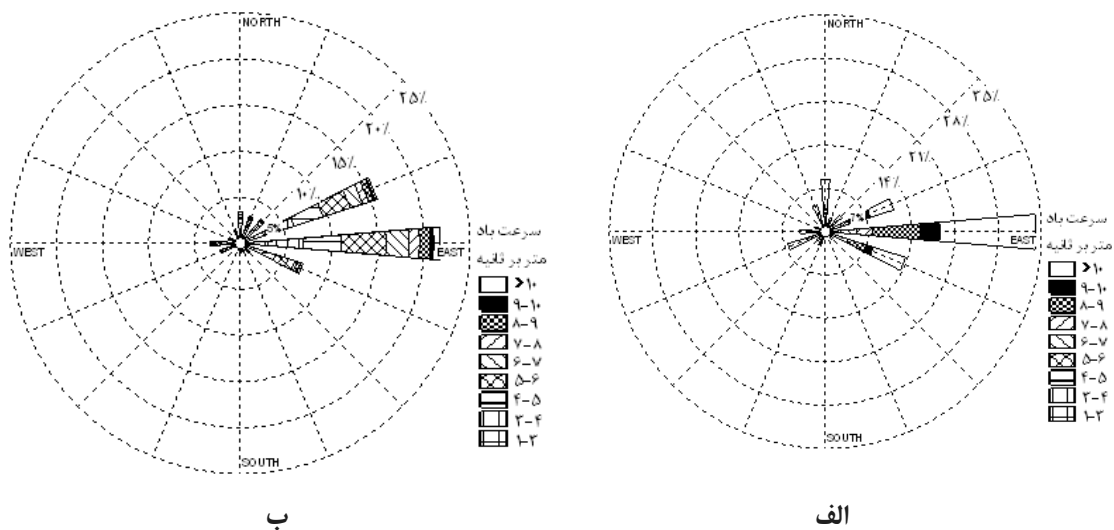
جدول ۳. فراوانی گزارش گداهای هواشناسی به تفکیک ماه‌های سال طی دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
فراوانی کُد ۰۶	۸	۱۰	۶	۶	۱	۷	۲	۷	۰	۰	۲	۶
فراوانی کُد ۰۷	۴۶	۱۰۰	۱۲۹	۱۰۷	۴۲	۴۲	۲۹	۸	۰	۳	۲۱	۶۰

با توجه به داده‌های موجود در جدول ۳، کُد ۰۶ بیشتر در اسفندماه و دو فصل بهار و تابستان گزارش شده است. به نظر می‌رسد که در انتقال ذرات گردوخاک معلق با منشأ غیرمحلّی (کُد ۰۶)، علاوه بر نقش سیستم‌های حرارتی که در دوره‌ی گرم سال بر منطقه حاکم می‌شود، نقش سیستم‌های غربی که با رطوبت کم ولی همراه با بادهای شدید به منطقه وارد می‌شوند نیز، قابل توجه است. این درحالی است که حداکثر گزارش کُد ۰۷ (گردوخاک محلّی)، در دو ماه خرداد و تیر، هم‌زمان با دریافت بیشترین انرژی تابشی خورشید و استیلای سیستم‌های حرارتی بر دشت سبزوار و بلندی‌های مجاور آن بوده و از مهرماه با ورود مجدد سیستم‌های غربی به منطقه، فراوانی وقوع این پدیده به شدت کاهش یافته است.

### مطالعه‌ی گلباد و گل‌غبار سالانه

در شکل ۷-الف، گلباد سالانه‌ی ایستگاه سینوپتیک سبزوار، با توجه به کل داده‌های ساعتی این ایستگاه در طول دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷ در شانزده جهت و نه طبقه سرعت رسم شده است. شکل ۷-ب، گل‌غبار سالانه‌ی این ایستگاه را با در نظر گرفتن گداهای ۰۶، ۰۷، ۳۰، ۳۲ و ۳۳ نشان می‌دهد.



شکل ۷. الف: گلباد سالانه‌ی ایستگاه سینوپتیک سبزوار؛ ب: گل‌غبار سالانه‌ی ایستگاه سینوپتیک سبزوار،

دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

در جدول ۴ طبقه‌های سرعت باد در این دو دیاگرام با هم مقایسه شده است. در این جدول مجموع درصد نه طبقه سرعت و درصد باد آرام، صددرصد خواهد شد.

جدول ۴. درصد توزیع طبقه‌های سرعت باد و بادهای همراه با گردوخاک در ایستگاه سینوپتیک سبزوار،

در طول دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

طبقه‌های سرعت (متربر ثانیه)	درصد باد آرام	۱-۳	۳-۴	۴-۵	۵-۶	۶-۷	۷-۸	۸-۹	۹-۱۰	بیشتر از ۱۰
باد	۳۱/۷	۱۲/۳	۱۳/۹	۱۳/۳	۱۳/۱	۶/۷	۲/۹	۳/۲	۰/۹	۲
بادهای همراه با گردوخاک	۲	۰/۹	۱/۶	۳/۳	۴/۹	۸/۶	۷/۲	۲۱/۴	۷/۴	۴۲/۷

از مقایسه‌ی گلباد و گل‌غبار سالانه و بررسی طبقه‌های سرعت باد در جدول ۴، نتایج زیر به دست می‌آید:

۱- در ۳۱/۷ درصد از کل ساعت‌های دیده‌بانی سالانه، هوا آرام است یعنی در ۶۸/۳ درصد از سال بادهایی با سرعت بیش از ۱ متربر ثانیه در محل می‌وزد که نشان‌دهنده‌ی بادخیز بودن منطقه است، همچنین ۲ درصد از زمان‌هایی که در ایستگاه سینوپتیک سبزوار پدیده‌ی گردوخاک گزارش شده است، سرعت باد از یک متربر ثانیه کمتر بوده و به‌عنوان هوای آرام همراه با پدیده‌ی گردوخاک محاسبه شده است.

۲- با توجه به شکل ۷-الف، جهت باد غالب، شرقی است که در حدود ۲۲/۶۵ درصد از کل ساعت‌های وزش باد را در طول سال شامل می‌شود. در شکل ۷-ب، جهت باد غالب در دیاگرام گل‌غبار نیز، شرقی است که ۳۵/۴۴ درصد مواقع را طی سال به‌خود اختصاص داده است. بدین معنی که ۳۵/۴۴ درصد از بادهایی که در منطقه‌ی پدیده‌ی گردوخاک ایجاد می‌نمایند از سمت شرق شهر می‌وزند. ملاحظه می‌شود که جهت باد غالب در گلباد و گل‌غبار سالانه، با هم هماهنگ است و جهت آن شرقی است.

۳- سرعت متوسط باد در ایستگاه سینوپتیک سبزوار طی دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷، ۳ متربر ثانیه محاسبه شد که در نگاه اول، وزش بادهایی با این سرعت برای ایجاد پدیده‌ی گردوخاک مناسب نیست، اما، محاسبه‌ی سرعت متوسط ۸/۷۵ متربر ثانیه برای بادهای همراه با گردوخاک که در حدود ۴۳ درصد آنها سرعتی بیش از ۱۰ متربر ثانیه دارند، نشان می‌دهد در مواقعی از سال، شرایط برای وزش بادهایی با قدرت زیاد فراهم می‌شود که این بادهای همراه سایر عوامل می‌تواند پدیده‌ی گردوخاک را در منطقه ایجاد کند.

۴- بیشترین فراوانی طبقه‌ی سرعت باد، مربوط به طبقه‌ی ۳ تا ۴ متربر ثانیه با ۱۳/۹ درصد در طول دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷ است، اما، بیشترین فراوانی طبقه‌ی سرعت بادهای همراه با گردوخاک، در طول همین دوره، به طبقه‌ی ۸ تا ۹ متربر ثانیه با ۲۱/۴ درصد اختصاص دارد.

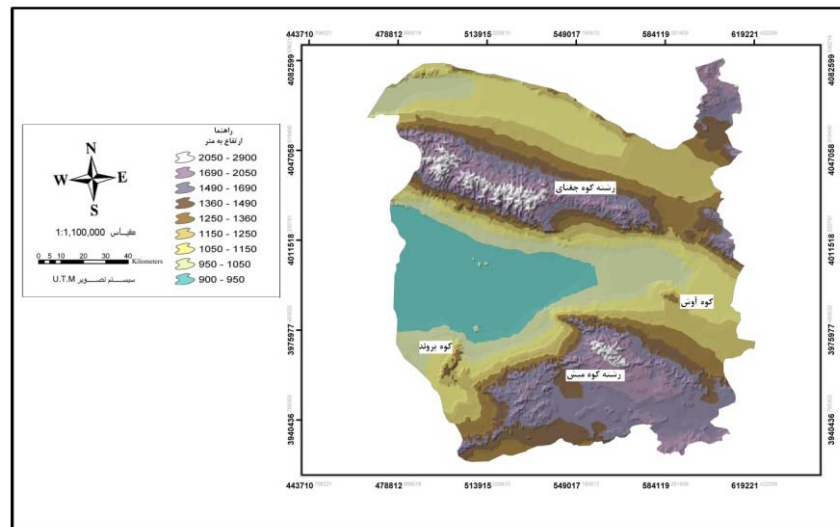
۵- بر طبق دیاگرام گلباد سالانه در ۷۳/۷۵ درصد از کل زمان‌های وزش باد به منطقه در طول دوره‌ی آماری بیست‌ساله، جهت وزش باد از شمال شرق تا جنوب شرق شهر را پوشش می‌دهد و در ۱۱/۶۵ درصد مواقع از جنوب غرب تا شمال غرب را دربرمی‌گیرد و فقط در ۱۴/۶ درصد، از جهات دیگر به سمت سبزوار می‌وزد. یعنی در ۸۵/۴ درصد از کل زمان‌های وزش باد به منطقه، جهت وزش باد در مسیر شرقی - غربی است، همچنین با توجه به دیاگرام گل‌غبار سالانه،

در ۶۶/۴۶ درصد از کلّ زمان‌های وزش بادهای همراه با گردوخاک به منطقه از جهت شمال شرق تا جنوب شرق است و در ۱۴/۹ درصد، از جنوب غرب تا شمال غرب را در برمی‌گیرد که در مجموع ۸۱/۳۶ درصد از کلّ مواقع در مسیر شرقی - غربی است. این نتیجه با وضعیت توپوگرافی شهرستان سبزوار (شکل ۹) مطابقت کامل دارد و به نظر می‌رسد که باد در این منطقه، در مسیر شرقی - غربی کانالیزه می‌شود (شکل ۸).



منبع: مرکز تحقیقات منابع طبیعی سبزوار، ۱۳۸۷

شکل ۸. نیمرخ توپوگرافی شهرستان سبزوار

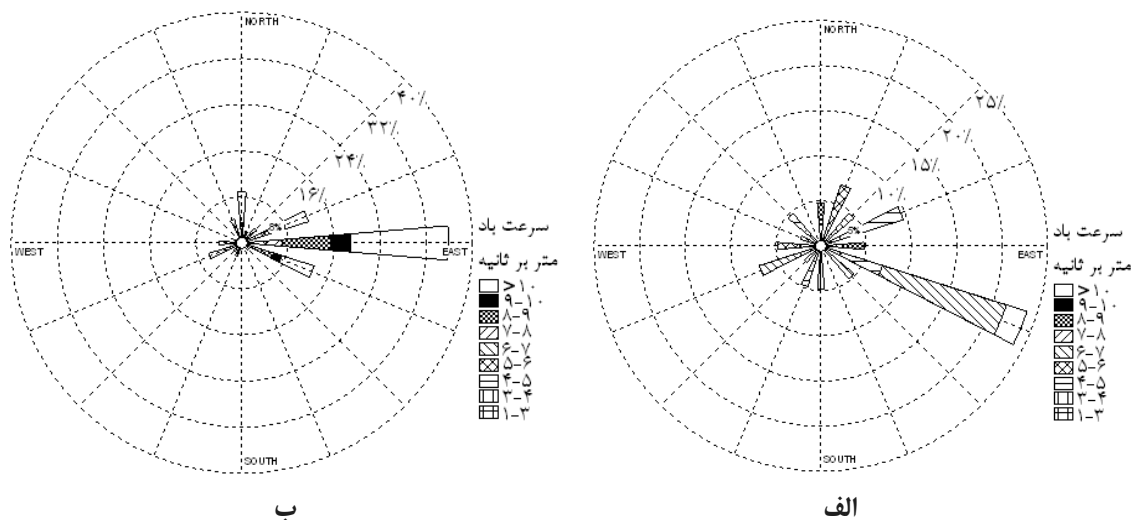


منبع: مرکز تحقیقات منابع طبیعی سبزوار، ۱۳۸۷

شکل ۹. توپوگرافی شهرستان سبزوار

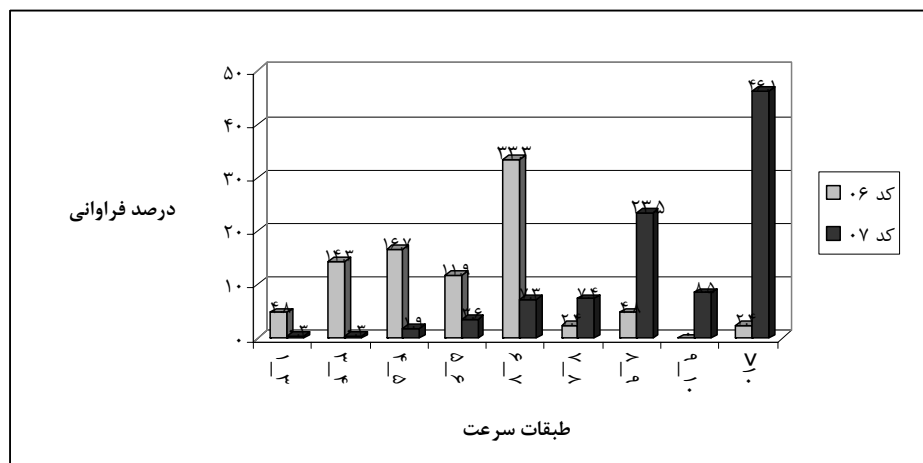
در ادامه، گل‌غبار سالانه‌ی ایستگاه سینوپتیک سبزوار را به تفکیک کُد‌های ۰۶ و ۰۷ رسم کردیم. گل‌غبار مربوط به سایر کُد‌ها به دلیل کمبود داده‌ها قابل رسم نبود. شکل ۱۰ این دو دیگرام‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که در دیگرام مربوط به کُد ۰۶ (شکل ۱۰-الف) دیده می‌شود، حدود ۵۵ درصد مواقع، بادهای همراه با گردوخاک از نیمه‌ی شرقی و در حدود ۲۷ درصد از نیمه‌ی غربی شهرستان به سمت منطقه وزیده است و مابقی از سمت شمال و جنوب است، اما در

دیاگرام مربوط به کُد ۰۷ (شکل ۱۰-ب) این بادها بیشتر از ۷۰ درصد مواقع، از نیمه‌ی شرقی می‌وزند و وزش آنها از نیمه‌ی غربی تنها در حدود ۲۰ درصد مواقع است. مقایسه‌ی این دو دیاگرام نشان می‌دهد که سهم بادهای غربی در انتقال ذرات گردوغبار معلق، بیشتر از سهم آنها در ایجاد گردوغبار محلی است؛ اما نقش بادهای قوی که در اثر استقرار سیستم‌های حرارتی (تشکیل شده در منطقه یا سرزمین‌های اطراف آن) به سمت منطقه می‌وزند، در هر دو دیاگرام قابل توجه است.



شکل ۱۰. الف: گل‌غبار سالانه‌ی کُد ۰۶؛ ب: گل‌غبار سالانه‌ی کُد ۰۷. ایستگاه سینوپتیک سبزوار، دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

مقایسه‌ی طبقه‌های سرعت مربوط به هر دو دیاگرام نیز، نشان می‌دهد که در انتقال ذرات ریز معلق، میانگین سرعت باد ۴/۶ متربرثانیه است و طبقه‌ی سرعت ۶-۷ متربرثانیه بیشترین فراوانی را دارد؛ اما در انتقال ذرات درشت‌تر محلی، میانگین سرعت باد ۹/۲ متربرثانیه است و در حدود نیمی از مواقع، سرعت باد بیشتر از ۱۰ متربرثانیه بوده است (شکل ۱۱).



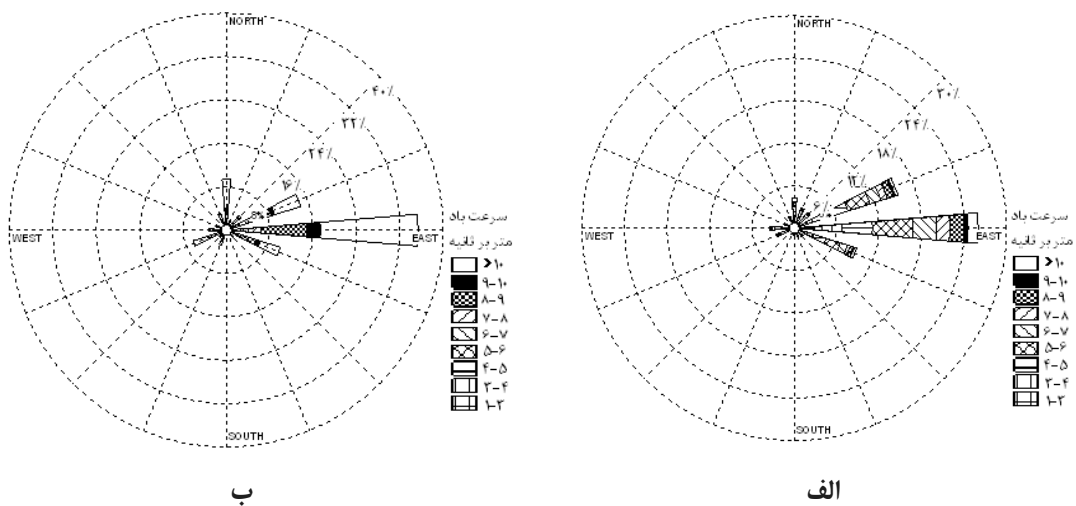
شکل ۱۱. مقایسه طبقه‌های سرعت بادهای همراه با گردوغبار در دو کُد ۰۶ و ۰۷ در طول دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

### مطالعه‌ی گلباد و گل‌غبار فصلی شهر سبزوار

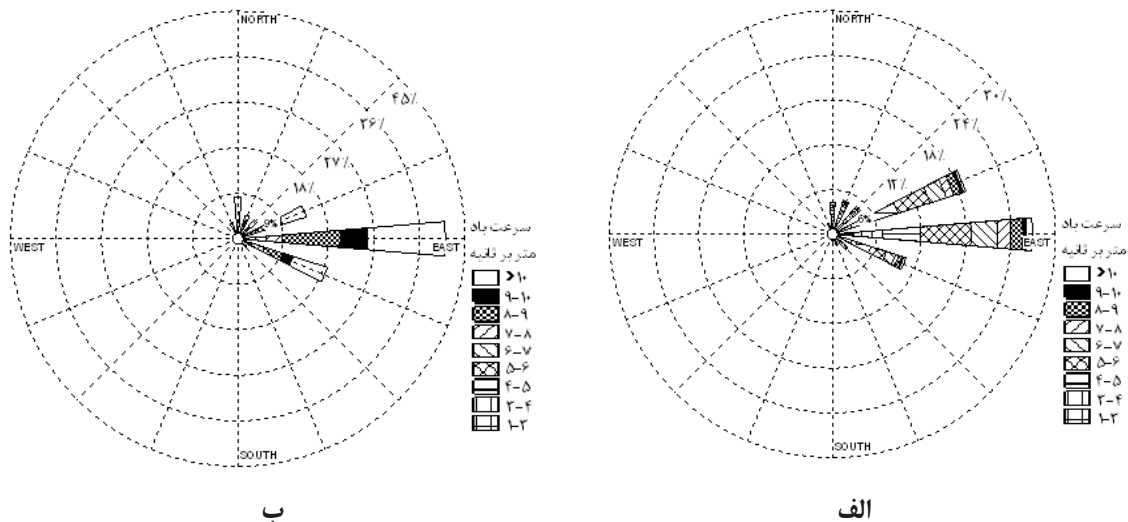
برای تحلیل دقیق‌تر، وضعیت بادهای همراه با گردوخاک، گلباد و گل‌غبار فصلی شهر سبزوار با در نظر گرفتن کدهای ۰۶، ۰۷، ۳۰، ۳۲ و ۳۳ در طول دوره‌ی آماری بیست‌ساله (۱۳۶۷-۱۳۸۷) رسم شد. شکل‌های ۱۲ تا ۱۵ این دیاگرام‌ها را نشان می‌دهد که در ادامه، این دیاگرام‌ها مورد بررسی قرار گرفت. در جدول ۵، تعداد گزارش ساعتی پدیده‌ی گردوخاک در هر فصل در طول دوره‌ی آماری بیست‌ساله آورده شده است.

جدول ۵. تعداد داده‌های ساعتی گزارش پدیده‌ی گردوخاک در فصول مختلف سال در طول دوره‌ی آماری بیست‌ساله (۱۳۶۷-۱۳۸۷)

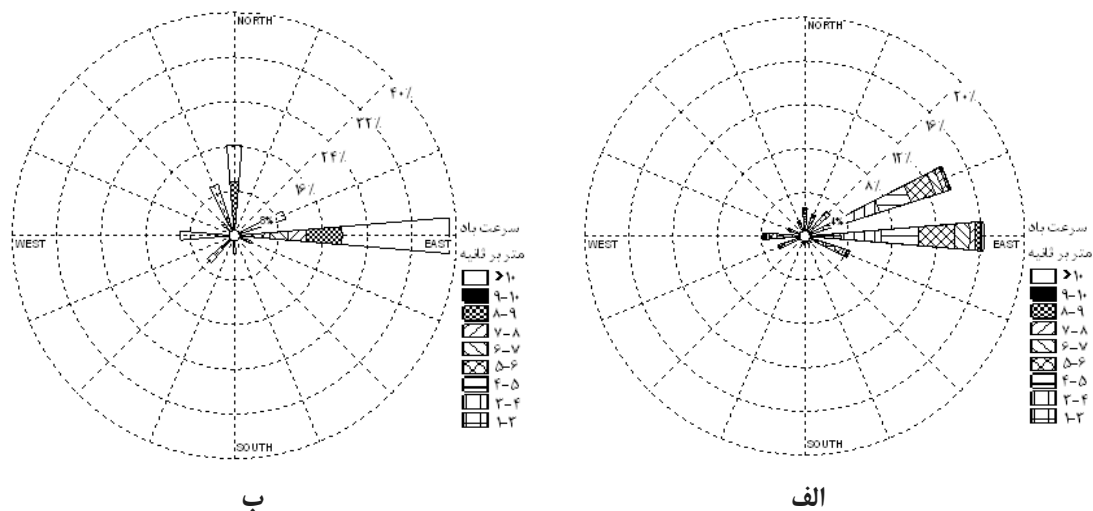
فصل‌های سال			
بهار	تابستان	پاییز	زمستان
۳۰۲	۲۰۵	۴۶	۹۴
تعداد داده‌های ساعتی گزارش پدیده‌ی گردوخاک			



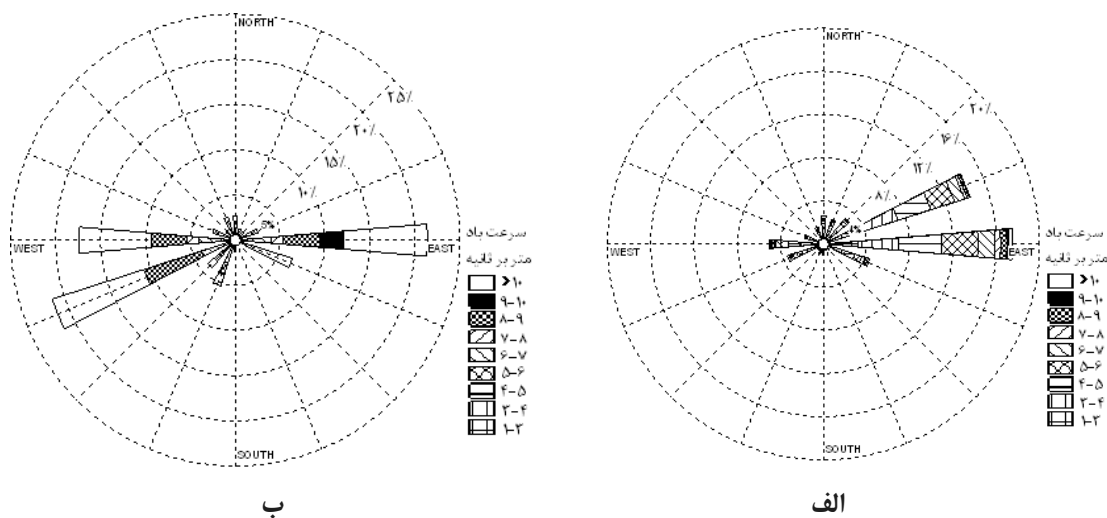
شکل ۱۲. الف: گلباد فصل بهار؛ ب: گل‌غبار فصل بهار، ایستگاه سینوپتیک سبزوار، دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷



شکل ۱۳. الف: گلباد فصل تابستان؛ ب: گل‌غبار فصل تابستان، ایستگاه سینوپتیک سبزوار، دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

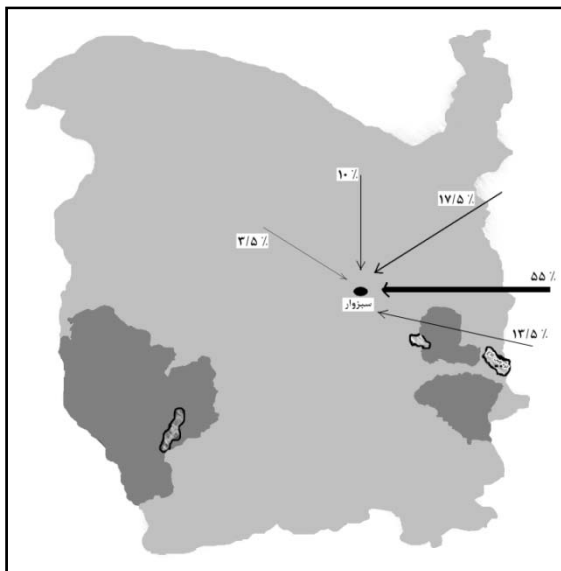


شکل ۱۴. الف: گلباد فصل پاییز؛ ب: گل‌غبار فصل پاییز، ایستگاه سینوپتیک سبزوار، دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

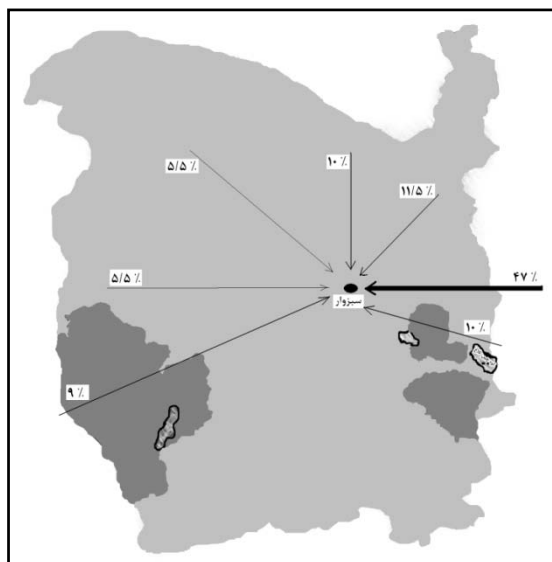


شکل ۱۵. الف: گلباد فصل زمستان؛ ب: گل‌غبار فصل زمستان، ایستگاه سینوپتیک سبزوار، دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

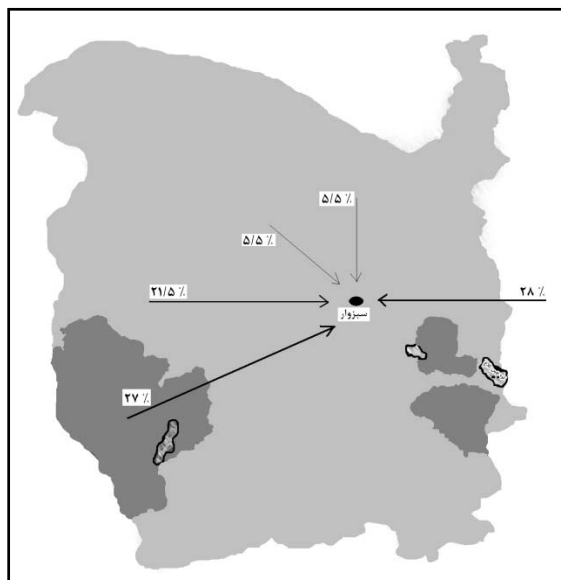
در شکل‌های ۱۶ تا ۱۹ به‌طور طرح‌وار مسیرهای مهم و درصد وزش بادهای همراه با گردوخاک در فصول مختلف سال در هشت جهت اصلی در طول دوره‌ی آماری مذکور رسم شده است. مسیرهایی که درصد وزش باد بسیار ناچیز بوده (کمتر از ۲ درصد) رسم نشده است. مناطق پُرنرنگ‌تر بر روی نقشه، محل استقرار تپه‌های ماسه‌ای شهرستان است.



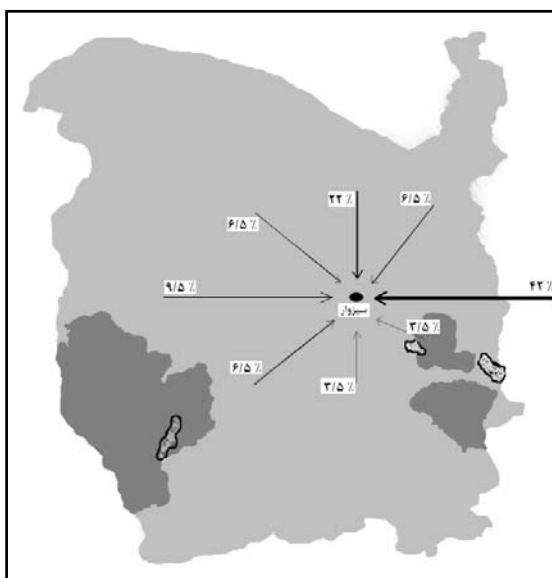
شکل ۱۷. مسیر و درصد وزش بادهای همراه با گردو خاک در فصل تابستان، در طول دوره‌ی آماری ۱۳۸۷-۱۳۶۷



شکل ۱۶. مسیر و درصد وزش بادهای همراه با گردو خاک در فصل بهار، در طول دوره‌ی آماری ۱۳۸۷-۱۳۶۷



شکل ۱۹. مسیر و درصد وزش بادهای همراه با گردو خاک در فصل زمستان، در طول دوره‌ی آماری ۱۳۸۷-۱۳۶۷



شکل ۱۸. مسیر و درصد وزش بادهای همراه با گردو خاک در فصل پاییز، در طول دوره‌ی آماری ۱۳۸۷-۱۳۶۷

در جدول ۶ نیز سرعت متوسط باد و بادهای همراه با گردوخاک در فصول مختلف سال آورده شده است.

جدول ۶. سرعت متوسط باد و بادهای همراه با گردوخاک در فصول مختلف سال، دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

فصل‌های سال	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
سرعت متوسط باد	۳/۶۹	۳/۷۲	۲/۱۲	۲/۴۵
سرعت متوسط باد همراه با گردوخاک	۸/۷۱	۸/۸۷	۸/۷۱	۸/۳۶

همچنین جداول ۷ و ۸، درصد توزیع طبقه‌های سرعت باد و بادهای همراه با گردوخاک را در فصول مختلف سال در ایستگاه سینوپتیک سبزوار نشان می‌دهد.

جدول ۷. درصد توزیع طبقه‌های سرعت باد در فصول مختلف سال در ایستگاه سینوپتیک سبزوار

طبقه‌های سرعت (متر بر ثانیه)	درصد باد آرام	۱-۳	۳-۴	۴-۵	۵-۶	۶-۷	۷-۸	۸-۹	۹-۱۰	بیشتر از ۱۰
بهار	۲۳/۶	۱۰/۳	۱۳/۵	۱۴/۲	۱۵/۷	۸/۸	۴/۲	۴/۸	۱/۴	۳/۶
تابستان	۲۰/۹	۱۰/۶	۱۳/۱	۱۵/۵	۱۷/۹	۹/۵	۴/۲	۴/۶	۱/۴	۲/۳
پاییز	۴۴/۲	۱۴/۳	۱۴/۵	۱۰/۸	۸/۹	۳/۵	۱/۶	۱/۳	۰/۳	۰/۷
زمستان	۳۹/۱	۱۴/۱	۱۴/۴	۱۲/۶	۹/۶	۴/۸	۱/۵	۱/۹	۰/۵	۱/۴

جدول ۸. درصد توزیع طبقات سرعت بادهای همراه با گردوخاک در فصول مختلف سال در ایستگاه سینوپتیک سبزوار

طبقه‌های سرعت (متر بر ثانیه)	درصد باد آرام	۱-۳	۳-۴	۴-۵	۵-۶	۶-۷	۷-۸	۸-۹	۹-۱۰	بیشتر از ۱۰
بهار	۱/۸	۱/۴	۲/۲	۵	۴	۹	۶/۵	۲۰/۱	۶/۵	۴۳/۵
تابستان	۰/۵	۰	۰/۵	۱/۱	۲/۷	۸/۷	۹/۳	۲۶/۲	۱۰/۹	۳۹/۹
پاییز	۰	۳/۲	۳/۲	۳/۲	۶/۵	۳/۲	۹/۷	۲۲/۶	۰	۴۸/۴
زمستان	۸	۰	۰	۱/۳	۹/۳	۱۲	۴	۲۰	۴	۴۱/۳

بر اساس اطلاعات استخراج شده از مطالعه‌ی گلباد و گل‌غبارهای سالانه و فصلی ایستگاه سینوپتیک سبزوار، نتایج

زیر به‌دست آمد:

۱- با توجه به گلبادهای فصلی، جهت باد غالب در تمام فصول سال، شرقی (۷۸/۷۵-۱۰۱/۲۵) است. بیشترین درصد وزش باد از سمت شرق، مربوط به فصل تابستان با ۲۶/۸ درصد در سال و کمترین آن در فصل پاییز با ۱۶/۲۵ درصد است. مطالعه گل‌غبارهای فصلی نیز نشان داد که بیشینه‌ی بادهای همراه با گردوخاک در تمام فصول سال به‌جز زمستان از سمت شرق می‌وزد که حداکثر آن در فصل تابستان با ۵۰ درصد و حداقل آن با ۳۵ درصد در بهار است. در فصل زمستان بادهای همراه با گردوخاک به‌نسبت مساوی ۲۱/۳ درصد از دو جهت شرق و غرب - جنوب‌غربی (۲۳۶/۲۵-۲۵۸/۷۵) می‌وزد.



۲- با توجه به جدول ۷، فصل تابستان بادخیزترین فصل سال است و فقط در ۲۰/۹ درصد مواقع، هوا آرام است، از طرف دیگر، فصل پاییز با ۴۴/۲ درصد، آرام‌ترین هوا را در طول سال دارد.

۳- با توجه به جدول ۶، سرعت متوسط باد در فصول بهار و تابستان (دوره‌ی گرم سال)، از میانگین سالانه که ۳ متربرثانیه است، بالاتر است و فصل تابستان با ۳/۷۲ متربرثانیه، بیشترین میانگین سرعت باد را دارد. این میانگین در فصول پاییز و زمستان (دوره‌ی سرد سال)، از میانگین سالانه پایین‌تر است و در فصل پاییز با ۲/۱۲ متربرثانیه به حداقل می‌رسد.

۴- با توجه به جدول ۶، در مقایسه با میانگین سرعت باد، میانگین سرعت بادهای همراه با گردوخاک در فصول مختلف بسیار بالاتر است. فصل تابستان با میانگین ۸/۸۷ متربرثانیه بالاترین و فصل زمستان با میانگین ۸/۳۶ متربرثانیه، کمترین میانگین سرعت باد را دارند.

۵- با بررسی جداول ۷ و ۸، مشخص شد که در دوره‌ی گرم سال بادهایی با طبقه سرعت ۵ تا ۶ متربرثانیه و دوره‌ی سرد سال طبقه‌ی ۳ تا ۴ متربرثانیه بیشترین فراوانی وقوع را دارند، اما بررسی طبقه‌های بادهای همراه با گردوخاک در طول دوره‌ی گرم و دوره‌ی سرد سال نشان می‌دهد بیشترین درصد وزش باد مربوط به طبقه سرعت بیش از ۱۰ متربرثانیه است.

۶- بنا به جدول ۵، حدود ۷۷/۷ درصد از کل گزارش ساعتی پدیده‌ی گردوخاک در شهر سبزوار، در دوره‌ی گرم سال و ۲۲/۳ درصد باقی‌مانده در دوره‌ی سرد سال اتفاق می‌افتد. در این میان فصل بهار با ۴۶/۲ درصد بیشترین و فصل پاییز با ۷/۲ درصد کمترین گزارش پدیده‌ی گردوخاک را در طول سال دارند.

گلبادها و گل‌غبارهای فصلی سبزوار، همانند گلباد و گل‌غبار سالانه، تأثیر سیستم‌های جوئی مختلف را در طول سال به‌خوبی و با دقت بیشتر نشان می‌دهند. درصد بالای وزش باد از نیمه‌ی شرقی به‌سمت منطقه در دوره‌ی گرم سال، دلیل بر چیرگی سیستم‌های حرارتی در این فصول است که با افزایش تابش خورشید در این ماه‌ها و وجود دشت‌ها و کویرهای گسترده در اطراف شهر سبزوار، سبب ایجاد کم‌فشارهای حرارتی در سطح زمین می‌شود و جریان‌های باد را از بلندی‌های اطراف به‌سمت دشت سبزوار ایجاد می‌کند؛ اما با آغاز دوره‌ی سرد سال، وزش باد از نیمه‌ی غربی منطقه، به‌ویژه جهت غرب و غرب - جنوب‌غرب رو به افزایش است که با نفوذ جریان‌های غربی و مدیترانه‌ای و وزش بادهای شدید به منطقه، سازگار است. در صورت شکل‌گیری شرایط ویژه، این سیستم‌ها می‌توانند، در منطقه پدیده‌ی گردوخاک ایجاد کنند. بررسی گل‌غبارهای فصلی نیز این مطلب را تأیید می‌کند؛ زیرا با شروع فصل پاییز از درصد وزش باد از نیمه‌ی شرقی کاسته‌شده و به درصد بادهای نیمه‌ی غربی افزوده می‌شود، به‌طوری‌که با توجه به شکل ۱۹ در فصل زمستان، در بیش از نیمی از مواقع، بادهای همراه با گردوخاک از نیمه‌ی غربی وزیده است.

## بحث و نتیجه‌گیری

شهر سبزوار در شمال‌شرق کشور، از مکان‌های مساعد برای رخداد پدیده‌ی گردوخاک محسوب می‌شود. در این مقاله براساس کدهای هواشناسی ۰۶ و ۰۷ و ۳۰، ۳۲ و ۳۳، که در ایستگاه سینوپتیک سبزوار برای ثبت پدیده‌ی گردوخاک

گزارش شده بود، دیاگرام گل‌غبار رسم شد و رژیم سالانه و فصلی بادهای همراه با گردوخاک مورد مطالعه قرار گرفت. بررسی آماری دوره‌ی بیست‌ساله (۱۳۶۷-۱۳۸۷) مشخص کرد که وقوع روزهای همراه با گردوخاک در طول دوره‌ی آماری مذکور روند افزایشی داشته است. همچنین در این شهر در دوره‌ی گرم سال (فصل بهار و تابستان) و به‌ویژه در بعدازظهرها شرایط وقوع پدیده‌ی گردوخاک مناسب‌تر از سایر زمان‌ها است. مقایسه‌ی فراوانی فصلی پدیده‌ی گردوخاک در طول دوره‌ی آماری مذکور نشان می‌دهد که نظم مشخصی در وقوع فصلی این پدیده طی سال‌های مختلف وجود ندارد و این مسئله مبین این نکته است که عوامل مؤثر در ایجاد و یا تشدید این پدیده از سالی به سال دیگر تغییر می‌کند یعنی تغییر در شرایط اقلیمی و سیستم‌های هوایی در زمان بروز این پدیده نقش مهمی دارند. همچنین بررسی آماری کدهای هواشناسی گزارش شده در دیده‌بانی‌های ایستگاه سینوپتیک سبزوار نشان داد که کُد ۰۷ با ۵۸۷ مورد گزارش ساعتی، بیش از ۹۰ درصد ثبت ساعتی پدیده‌ی گردوخاک را در طول دوره‌ی آماری موردنظر در میان سایر کدها به‌خود اختصاص داده است که نشان می‌دهد، ذرات گردوخاک در بیشتر مواقع، در محل ایستگاه از زمین بلند شده است و درواقع مبین محلی‌بودن معضل گردوخاک در منطقه است. بررسی گلباد سالانه در ایستگاه سینوپتیک سبزوار در طول دوره‌ی آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷ مشخص کرد که سرعت متوسط باد ۳ متربرثانیه است و طبقه سرعت ۳ تا ۴ متربرثانیه، بیشترین فراوانی را دارد. به‌نظر می‌رسد، این شرایط برای بروز معضل گردوخاک در این شهر، مناسب نیست؛ اما، محاسبه‌ی سرعت متوسط ۸/۷۵ متربرثانیه، برای بادهای همراه با گردوخاک که در حدود ۴۳ درصد آنها سرعتی بیش از ۱۰ متربرثانیه دارند، مشخص می‌کند که در مواقعی از سال، شرایط برای وزش بادهای قوی در منطقه فراهم می‌شود. این بادهای شدید به همراه سایر عوامل، می‌توانند سبب بروز پدیده‌ی گردوخاک در منطقه شوند. علاوه‌براین، بر طبق دیاگرام گلباد سالانه، در ۷۳/۷۵ درصد از کلّ زمان‌های وزش باد به منطقه در طول دوره‌ی آماری بیست‌ساله، جهت وزش باد از شمال‌شرق تا جنوب‌شرق را پوشش می‌دهد و در ۱۱/۶۵ درصد مواقع، از جنوب‌غرب تا شمال‌غرب را دربرمی‌گیرد و فقط در ۱۴/۶ درصد از جهات دیگر به‌سمت شهر سبزوار می‌وزد یعنی در ۸۵/۴ درصد از کلّ زمان‌های وزش باد به منطقه جهت وزش باد در مسیر شرقی - غربی است. همچنین با توجه به دیاگرام گل‌غبار سالانه، در ۶۶/۴۶ درصد از کلّ زمان‌های وزش بادهای همراه با گردوخاک به منطقه، از جهت شمال‌شرق تا جنوب‌شرق است و در ۱۴/۹ درصد، از جنوب‌غرب تا شمال‌غرب را دربرمی‌گیرد که در مجموع ۸۱/۳۶ درصد از کلّ مواقع در مسیر شرقی - غربی است. این نتیجه با وضعیت توپوگرافی شهرستان سبزوار مطابقت کامل دارد و به‌نظر می‌رسد که باد در این شهر در مسیر شرقی - غربی کانالیزه می‌شود.

همچنین گل‌غبارهای سالانه که به تفکیک دو کُد هواشناسی ۰۶ و ۰۷ ترسیم شدند مشخص کرد، بادهایی که در اثر تشکیل سیستم‌های حرارتی در شش ماهه‌ی اول سال، از نیمه‌ی شرقی به‌سمت منطقه می‌وزند، در بروز گردوخاک‌های محلی و گردوخاک‌های فرامنطقه‌ای نقش مهمی برعهده دارند، اما، نقش بادهای غربی در انتقال ذرات ریز معلق از سرزمین‌های دور به‌سمت منطقه پررنگ‌تر است. مقایسه‌ی طبقه‌های سرعت مربوط به هر دو دیاگرام نیز نشان می‌دهد که در انتقال ذرات ریز معلق، میانگین سرعت باد ۴/۶ متربرثانیه است و طبقه سرعت ۶-۷ متربرثانیه بیشترین فراوانی را دارد، اما، در انتقال ذرات درشت‌تر محلی میانگین سرعت باد ۹/۲ متربرثانیه است و در حدود نیمی از مواقع

سرعت باد بیش از ۱۰ متربرثانیه است. بررسی گلبادهای فصلی نشان می‌دهد که فصل تابستان بادخیزترین فصل سال است و فقط در ۲۰/۹ درصد مواقع، هوا آرام است و همچنین میانگین سرعت باد در این فصل بیشتر از سایر فصول است (۳/۷۲ متربرثانیه). همچنین مطالعه‌ی گل‌غبارهای فصلی نشان می‌دهد که در ۷۷/۷ درصد مواقع، پدیده‌ی گردوخاک در دوره‌ی گرم سال اتفاق می‌افتد و بادهایی با سرعت بیش از ۱۰ متربرثانیه، بیشترین فراوانی را دارند و فصل بهار با ۴۶/۲ درصد بیشترین گزارش ساعتی پدیده‌ی گردوخاک را به خود اختصاص می‌دهد. با توجه به شکل‌های ۱۶ تا ۱۹ در دو فصل بهار و پاییز به دلیل تغییر فصل و بروز اغتشاش در سیستم‌های هوایی و جابه‌جایی آنها در ابعاد فرامنطقه‌ای، ورود پذیر باد بیشتر شده و بادهای همراه با گردوخاک کم‌وبیش از همه‌ی جهات به سمت منطقه می‌وزد، اما، در دو فصل تابستان و زمستان به دلیل استقرار نسبی سیستم‌های مؤثر در ایجاد بادهای شدید، جهت وزش بادهای همراه با گردوخاک کم‌وبیش به جهات مشخصی اختصاص یافته است.

در مجموع با توجه به توپوگرافی شهرستان سبزوار و کانالیزه شدن باد در مسیر شرقی - غربی و وجود مناطق گسترده جهت فرسایش بادی و برداشت ذرات ریز خاک در مسیر وزش باد، مانند بستر رودخانه‌های خشک (مهم‌ترین آنها رودخانه‌ی فصلی کال‌شور در جنوب شهر سبزوار)، بیابان‌های سنگی با هوازدگی شدید، مناطق لسی، رسوبات دشت‌های سیلابی آبرفتی و سرانجام تپه‌های ماسه‌ای (حدود ۳۶/۵ کیلومترمربع) و همچنین محاسبه‌ی سرعت متوسط ۸/۷۵ متربرثانیه برای بادهای همراه با گردوخاک، به نظر می‌رسد شرایط برای شکل‌گیری و تشدید این پدیده در سبزوار آماده شده و سبب بروز معضل جوّی گردوخاک در این منطقه می‌شود.

## منابع

- Omidvar, K., 2005, **The Study and Synoptic Analysis of Sand Storms in Ardakan-Yazd Plain**, Geographical Research of Yazd University, pp. 215-225.
- Hosseini, S.B., 2000, **Synoptic Study of Severity Storm in Tehran**, Thesis of Meteorology for the Degree of M.A, Tarbiat Modares University.
- Dehghan Tezerjani, M., 2008, **A Study of Wind Power Using in Producing Energy and its Site Selection in Yazd Province**, Thesis of Physical Geography (Climatology) for the Degree of M.A, Yazd University.
- Zolfaghari, H., Abedzadeh, H., 2005, **A Synoptic Analysis of Dust Systems at the West Part of Iran**, Geography and Development Iranian Journal, No 6, pp. 173-188.
- List Set of Code Forms with Notes and Regulation**, 2008, Meteorological Bureau of Mashhad.
- Marjani, S., 1993, **Synoptic Study of Severe Winds More than 15 m/s (Storm) in Khorasan**, Thesis of Meteorology (Synoptic) for the Degree of M.A, Tehran University.
- Nekoonam, Z., 2008, **Analysis of Dust Storms in Sabzevar City**, Thesis of Physical Geography (Climatology) for the Degree of M.A, Yazd University.
- Chan, C.K., Yao, X., 2008, **Air Pollution in Mega Cities in China**, Atmospheric Environment, Vol. 42, Issue 1, pp. 1-42.
- Chen, W., 1996, **Wind Tunnel Test of the Influence of Moisture on the Erdibility of Loessial Sandy Loam Soils by Wind**, Journal of Arid Environments, 34, pp. 391-402.

- Goudie, A.S., Midelton, N.J., 2001, **Saharan Dust Storm: Nature and Consequences**, Earth-Science Reviews, 56, pp. 179-204.
- Jackson, V.H., 1913, **Atmospheric Electrification during Dust Storm**, Journal of the Franklin Institute, Vol. 176, Issue 1, pp. 145.
- Liu, G., Park, S.U., 2007, **The Logarithm-Linear Relationship of the Occurrence Frequency to the Duration of Sand-dust Storms: Evidence from Observational Data in China**, Journal of Arid Environments, Vol. 71, pp. 243-249.
- Tohno, CH. Ma., Kasahara, S., Hayakawa, SH. M., 2003, **Properties of Individual Asian Dust Storm Particles Collected at Kosan, Korea during ACE-Asia**, Atmospheric Environment, Vol. 38, pp. 1133-1143.
- Meng, Z., Zhang, Q., 2007, **Damage Effects of Dust Storm PM 2.5 on DNA in Alveolar Macrophages and Lung Cells of Rats**, Food and Chemical Toxicology, Vol. 45, pp. 1368-1374.
- Orlovsky, L., Orlovsky, N., Durdyev, A., 2004, **Dust Storms in Turkmenistan**, Journal of Arid Environments, Vol. 60, pp. 83-97.
- Qiang, M., Chen, F., Zhou, A., Xiao, SH., Zhang, J., Wang, Zh., 2007, **Impacts of Wind Velocity on Sand and Dust**, Deposition during Dust Storm as Inferred from a Series of Observations in the Northeastern Qinghai-Tibetan Plateau, China, Powder Technology, Vol. 175, Issue 2, pp. 82-89.
- Tanaka, T.Y., Kurosaki, Y. Chiba, M., Matsumura, T., Nagai, T., Yamazaki, A., Uchiyama, A., Tsunematsu, N., Kai, K., 2005, **Possible Transcontinental Dust Transport from North Africa and the Middle East to East Asia**, Atmospheric Environment, Vol. 39, pp. 3901-3909.
- Wang, W., Fang, Z.Y., 2006, **Numerical Simulation and Synoptic Analysis of Dust**, Emission and Transport in East Asia, Global and planetary change, Vol. 52, pp. 57-70.
- Weihong, Q., Shaoyinshi, 2001, **Variations of The Dust Storm in China and Its Climatic Control**, Journal of climate, Vol. 15, pp. 357-368.
- Yadav, S., Et al, 2007, **Characterisation of Bio-aerosols during Dust Storm Period in N-NW India**, Atmospheric Environment, Vol. 41, pp. 6063-6073.
- Yang, B., Brauning, A., Zhang, Z., Dong, Zh., Esper, J., 2007, **Dust Storm Frequency and Its Relation to Climate Changes in Northern China during the Past 1000 Years**, Atmospheric Environment, Vol. 41, pp. 9288-9299.
- Yang, Y.Q., Hou, Q., Zhou, C.H., Liu, H.L., Wang, Y.Q., Niu, T., 2008, **Sand /Dust Storm Processes in Northeast Asia and Associated Large-scale Circulations**, Atmospheric Chemistry and Physics, Vol. 8, pp. 25-33.

WWW.Google Earth

WWW.Sid.ir

WWW.Sciencedirect.com

WWW.weather.ir