

## بررسی آماری پدیده گرد و غبار و تحلیل الگوی وزش بادهای گرد و غبارزا در شهرستان سبزوار

دکتر داریوش مهرشاهی<sup>۱</sup> و زری نکونام<sup>۲</sup>

### چکیده

شهرستان سبزوار از مکان‌های مساعد برای رخداد مکرر پدیده گرد و غبار در شمال شرق کشور محسوب می‌شود. در این تحقیق تحلیل زمانی و فضایی پدیده گرد و غبار با استفاده از داده‌های ساعتی سمت و سرعت باد و وضعیت هوای حاضر و گذشته، طی دوره آماری بیست ساله ۱۳۶۷-۱۳۸۷ انجام گرفت. با استفاده از نرم افزار **WRplot View** گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک سبزوار ترسیم شد. از آنجا که گلباد، وضعیت باد را به صورت کلی مشخص می‌کند و به طور خاص در مورد بادهای گرد و غبارزا اطلاعاتی به ما نمی‌دهد، در این مقاله دیاگرام جدیدی معرفی می‌شود که آن را گل غبار نامیدیم. گل غبار طبقه بندی و توزیع سمت و سرعت بادهای گرد و غبارزا (بادغبارها) را در یک دوره معین نشان می‌دهد. دیاگرام گل غبار به صورت سالانه و ماهانه برای ایستگاه سینوپتیک سبزوار ترسیم و سپس نتایج آن با دیاگرام‌های گلباد شهرستان مقایسه شد. به علاوه به این دیاگرام‌ها کمیت جدیدی به نام شعاع برآیند اضافه گردید. این شعاع مقایسه گلباد و گل غبار را سریعتر و راحت تر می‌نماید. نتایج آماری این تحقیق نشان می‌دهد که طی دوره آماری مورد مطالعه، وقوع روزهای همراه با گرد و غبار در شهرستان سبزوار روندی افزایشی داشته و بیشترین احتمال وقوع آن در ماه‌های اردیبهشت و خرداد است و در بیش از ۷۱ درصد مواقع در ساعات بعد از ظهر روی می‌دهد. باد غالب در دیاگرام‌های گلباد و گل غبار سالانه شرقی است. همچنین بادهای در ۸۵/۴ درصد و بادغبارها در ۸۱/۳۶ درصد در طی سال در مسیر شرقی- غربی می‌وزند و کانال بادی را در این مسیر در منطقه ایجاد نموده اند، این نتیجه کاملاً با وضعیت توپوگرافی شهرستان مطابقت دارد. سرعت متوسط بادغبارها ۸/۷۵ متر بر ثانیه برآورد شد که ۵۰ درصد آن‌ها سرعتی بیش از ۹ متر بر ثانیه دارند. مطالعه دقیق گل غبارهای ماهانه تأثیر سیستم‌های جوی متفاوتی را در

۱. استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد

۲. کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی و دبیر ناحیه ۲ یزد

شکل‌گیری این پدیده در منطقه اثبات می‌نماید. با افزایش تابش خورشید از اردیبهشت تا شهریورماه و به دلیل وجود دشت‌ها و کویرهای گسترده در اطراف سبزوار سیستم‌های حرارتی بر منطقه حاکم شده و جهت بادغبار غالب شرقی است اما از ماه مهر تا اردیبهشت، هم‌زمان با ورود سیستم‌های غربی به منطقه و وزش بادهای قوی در سطح زمین، از فراوانی بادغبارهای شرقی کاسته شده و به بادغبارهای غربی و جنوب غربی افزوده می‌شود، به طوری که جهت باد غالب در گلباد بهمن ماه شرقی بوده اما جهت بادغبار غالب در گل غبار این ماه کاملاً غربی است. مقایسه شعاع برآیند در ماه‌های مختلف سال این روند را به خوبی تایید می‌نماید. از این مطالعات در جهت کنترل منشاء تغذیه گرد و غبار و نیز برنامه ریزی‌های طبیعی منطقه می‌توان استفاده نمود.

**کلیدواژگان:** گرد و غبار، گلباد، گل غبار، بادغبار، شعاع برآیند، شهرستان سبزوار

## مقدمه

پدیده گرد و غبار به اشکال مختلف مانند روز همراه با گرد و غبار یا توفان گرد و غبار و گردباد در نواحی خشک و نیمه خشک به صورت مکرر اتفاق می‌افتد. در بیابانها و مناطق خشک، تغییر سریع درجه حرارت هوا موجب ایجاد گرادیان فشار در نقاط مختلف آن و تشکیل بادهای قوی و دائمی می‌شود (صداقت، ۱۳۵۸، ص ۸۱). به علاوه در این مناطق به دلیل کمبود رطوبت و پوشش گیاهی، چسبندگی ذرات به یکدیگر کاهش یافته و باد می‌تواند ذرات با قطر کمتر از ۰/۵ میلی‌متر را از سطح خاک جدا نموده و با خود حمل کند. بسیاری از این ذرات قطری کمتر از ۱۰ میکرون دارند و سرعت سقوط آنها تحت تأثیر نیروی جاذبه زمین قابل اندازه گیری نیست و بنابراین در جو به صورت معلق باقی می‌مانند، به این دلیل در نواحی بیابانی ممکن است هوا برای مدتی طولانی به حالت گرد و غبار باقی بماند (همتی، ۱۳۷۴، ص ۱۰).

به نظر درش (۱۹۸۲) یک ذره ۰/۲ میلی متری می‌تواند ۸۳۰ کیلومتر طی یک قرن جابجا شود (به نقل از مقیمی، ۱۳۸۵، ص ۱۸۰). مطالعات اورلوسکی<sup>۱</sup> (۱۹۶۲) در ترکمنستان، یک توزیع فضایی- زمانی از توفان‌های گرد و غبار را به وسیله مشاهدات ۴۲ ایستگاه هواشناسی در دوره ۱۹۶۰-۱۹۳۶ ثبت کرد. همچنین او و همکارانش در سال ۲۰۰۴ توفان‌های گرد و غبار را در ترکمنستان بررسی نمودند. برای این منظور داده‌های بلند مدت ۶۰ ساله ۵۶ ایستگاه هواشناسی برای مطالعه توزیع فضایی، فراوانی وقوع و تغییرات فصلی و روزانه توفان‌های گرد و غبار ترکمنستان مورد استفاده قرار گرفت و نتایج تحقیق مشخص کرد که بیشترین میانگین فراوانی سالانه توفان‌های گرد و غبار در فصل بهار در بیابان ماسه ای کاراکام<sup>۲</sup> مرکزی به مدت ۶۷ روز مشاهده شد. چن وینن<sup>۳</sup> (۱۹۹۶) تحقیقی در فلات شمال چین انجام داد و بیان کرد که با افزایش رطوبت خاک میزان فرسایش بادی کاهش می‌یابد و زمانی که رطوبت در ماسه به ۴ درصد افزایش یابد تقریباً میزان فرسایش ثابت و به حد صفر می‌رسد. تاناکا<sup>۴</sup> و همکارانش (۲۰۰۵)، احتمال انتقال بین قاره ای ذرات گرد و غبار را از آفریقای شمالی و خاورمیانه به آسیای شرقی بررسی نمودند. وانگ<sup>۵</sup> و فانگ<sup>۶</sup> (۲۰۰۶) در تحقیقی انتشار و جابجایی گرد و غبار را از نظر آماری و سینوپتیکی در آسیای شرقی مورد بررسی قرار دادند و دریافتند سیستم‌های سینوپتیکی

- 
۱. Orlovsky
  ۲. Karakum Desert
  ۳. Chen Weinan
  ۴. Tanaka
  ۵. Wang
  ۶. Fang

که به سمت مناطق بیابانی شمال آسیا می‌وزند، اگر در سطح زمین بادهایی با سرعت بیشتر از ۶ متر بر ثانیه ایجاد کنند باعث گسترش توفان‌های گرد و غبار می‌شوند.

در ایران مطالعات محدودی در این زمینه انجام گرفته است. محققانی مانند اختصاصی (۱۳۷۲)، ثروتی (۱۳۷۵)، مهرشاهی (۱۳۸۲) و مقیمی (۱۳۸۵) مطالعاتی در زمینه فرسایش بادی در نقاط مختلف کشور انجام داده‌اند و پژوهشگرانی مانند مرجانی (۱۳۷۲)، همتی (۱۳۷۴)، حسینی (۱۳۷۹)، امیدوار (۱۳۸۴)، ذوالفقاری و عابدزاده (۱۳۸۴) از نظر اقلیمی به بررسی این پدیده پرداخته‌اند. برخی هم اثرات زیست محیطی پدیده گرد و غبار را مورد مطالعه قرار داده‌اند که از آن جمله می‌توان به حسین زاده (۱۳۷۶) اشاره نمود. شهرستان سبزوار جزو استان خراسان رضوی بوده و در غرب آن واقع شده است. وسعت آن حدود ۱۷۶۱۷ کیلومتر مربع می‌باشد. اقلیم این شهرستان خشک و نیمه خشک است و میانگین بارش سالانه آن کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد. دو رشته کوه جغتای و کوه میش، مهم‌ترین ارتفاعات شهرستان هستند. این دو رشته کوه تقریباً مرتفع، به صورت موازی در شمال و جنوب شهرستان سبزوار با امتداد تقریباً شرقی- غربی کشیده شده‌اند. تپه‌های ماسه‌ای تثبیت نشده در سه بخش اصلی در اطراف شهرستان وجود دارند. دو بخش از آنها در جنوب شرق شهرستان و بخش سوم که بزرگتر و متراکم‌تر از دو بخش قبل است در جنوب غرب آن واقع شده است. در حال حاضر این تپه‌ها مهم‌ترین منبع تغذیه باد برای ایجاد و توسعه پدیده گرد و غبار در این منطقه به شمار می‌رود (نکونام، ۱۳۸۷) و سبب شده است که این شهرستان در طی سال به طور مکرر مورد هجوم این پدیده قرار گیرد. در سال‌های اخیر، توفان‌های گرد و غبار بسیار شدیدی در این شهرستان روی داده است. از جمله شدیدترین آن‌ها توفان گرد و غباری است که در تاریخ ۹ خرداد ماه ۱۳۸۷ این شهرستان را درنوردید و خسارات فراوانی بر جای گذاشت. تعداد مصدومین این حادثه ۳۰ نفر اعلام شد که از این تعداد یک نفر جان باخت. برآورد خسارت مالی به بخش‌های گوناگون شهرستان که توسط فرمانداری سبزوار در تیر ماه ۱۳۸۷ اعلام گردید، حدود پانصد و چهل و پنج میلیارد ریال بود (نکونام، ۱۳۸۷، ۱۶۵ و ۱۶۷).

هدف از این تحقیق، ارائه روش جدیدی جهت شناخت و تحلیل الگوی وزش بادغبارها است تا رژیم وزش بادهای حامل ذرات گرد و غبار در یک منطقه به خوبی شناسایی شود. این روش در شهرستان سبزوار مورد استفاده قرار گرفت. با استفاده از نتایج این مطالعه می‌توان راه حل‌های مناسبی جهت کنترل و یا کاهش اثرات زیانبار پدیده گرد و غبار در این شهرستان ارائه نمود.

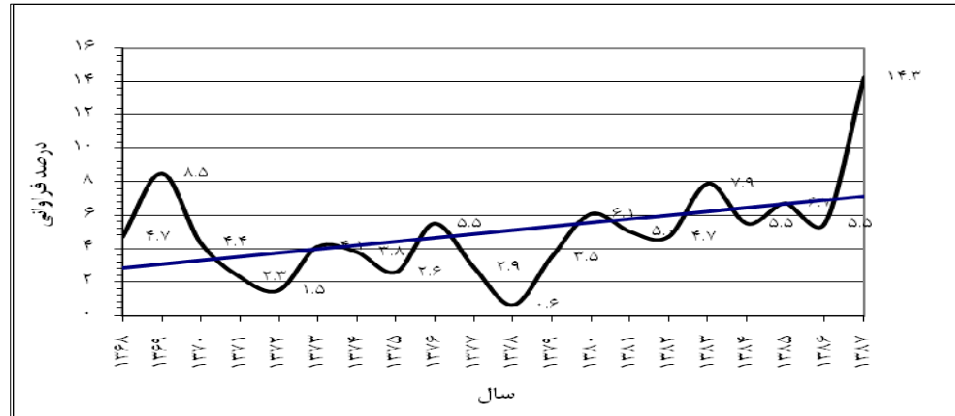
## یافته‌های تحقیق

### تحلیل آماری پدیده گرد و غبار در شهرستان سبزوار

طی دوره آماری بیست ساله ۱۳۶۷-۱۳۸۷، مجموعاً ۳۴۳ روز توسط ایستگاه هواشناسی سبزوار به عنوان روز همراه با پدیده گرد و غبار گزارش شده است و به طور میانگین ۱۷/۱۵ روز در سال پدیده گرد و غبار روی می‌دهد. در جدول (۱) فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷ آورده شده است. نمودار ۱ درصد فراوانی و روند سالانه روزهای همراه با گرد و غبار را طی دوره آماری مورد مطالعه نشان می‌دهد. طبق این آمار سال ۱۳۸۷ با ۴۹ روز بیشترین فراوانی و سال ۱۳۷۸ با ۲ روز کمترین فراوانی پدیده گرد و غبار را داشته‌اند. همچنین علی‌رغم تمام تلاش‌هایی که در زمینه کنترل و مهار این پدیده با اجرای طرح تثبیت تپه‌های ماسه‌ای در اطراف این شهرستان توسط اداره منابع طبیعی انجام شده است، وقوع روزهای همراه با گرد و غبار در این دوره آماری روند افزایشی داشته است.

در ادامه، وقوع روزهای همراه با گرد و غبار به صورت ماهانه مورد مطالعه قرار گرفت. در جدول (۲) فراوانی ماهانه روزهای همراه با پدیده گرد و غبار طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷ آورده شده است. بر طبق داده‌های این جدول، دو ماه اردیبهشت و خرداد با ۶۰ روز بیشترین و ماه‌های آذر و دی با ۲ روز کمترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین در ماه‌های اردیبهشت و خرداد به طور میانگین سه روز در هر سال پدیده گرد و غبار روی می‌دهد. کمترین احتمال رویداد این پدیده در ماه‌های آذر و دی با ۰/۱ روز است. در نمودار ۲ فراوانی این رخداد برای تمام ماه‌های سال نشان داده شده است. درصد فراوانی و روند ماهانه روزهای همراه با گرد و غبار طی دوره آماری بیست ساله در نمودار ۳ دیده می‌شود. این نمودار روندی نزولی را از فروردین تا اسفندماه برای رخداد پدیده گرد و غبار نشان می‌دهد.

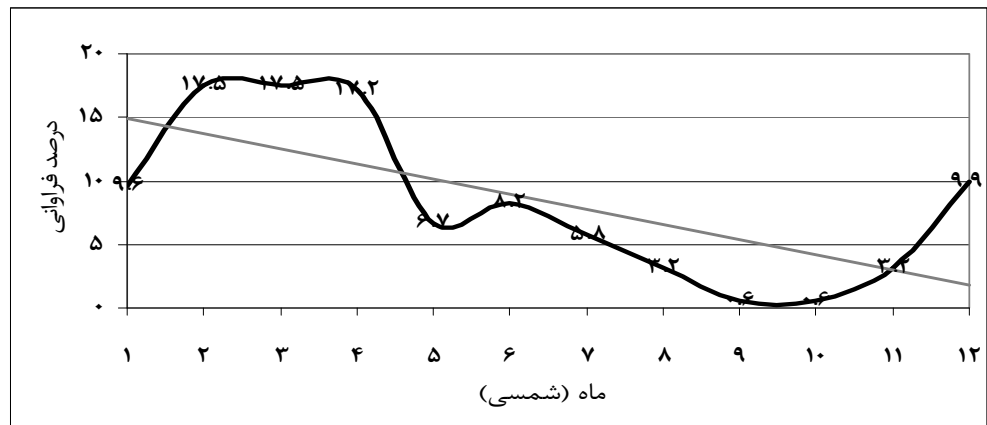
نمودار ۱: درصد فراوانی و روند سالانه وقوع روزهای همراه با گرد و غبار در شهرستان سبزوار طی دوره آماری ۱۳۸۷-۱۳۶۷



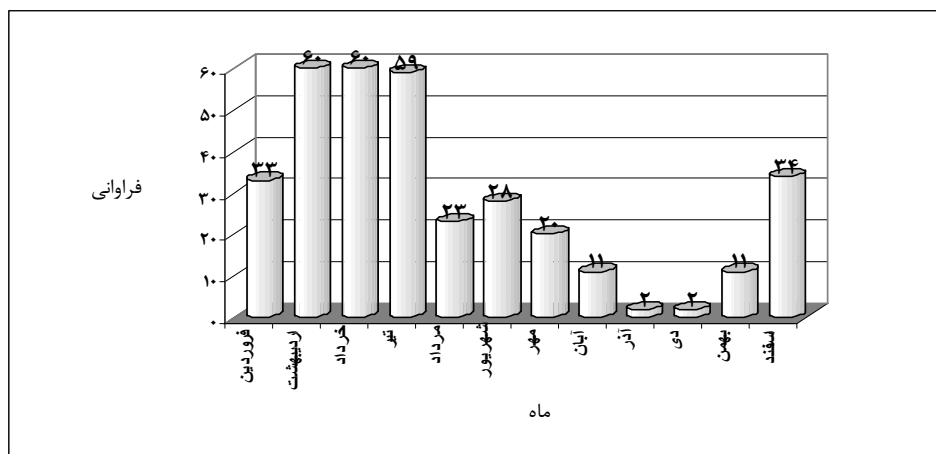
جدول ۱: فراوانی روزهای همراه با گرد و غبار طی دوره آماری ۱۳۸۷-۱۳۶۷

سال	۱۳۶۸	۱۳۶۹	۱۳۷۰	۱۳۷۱	۱۳۷۲	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷
فراوانی	۱۶	۲۹	۱۵	۸	۵	۱۴	۱۳	۹	۱۹	۱۰
سال	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷
فراوانی	۲	۱۲	۲۱	۱۷	۱۶	۲۷	۱۹	۲۳	۱۹	۴۹

نمودار ۲: فراوانی ماهانه روزهای همراه با گرد و غبار در شهرستان سبزوار طی دوره آماری ۱۳۸۷-۱۳۶۸



نمودار ۳: درصد فراوانی و روند ماهانه روزهای همراه با گرد و غبار در شهرستان سبزوار طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷



مطالعه ۶۴۷ مورد گزارش ساعتی پدیده گرد و غبار در ایستگاه سینوپتیک سبزوار نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی با ۱۵۱ مورد مربوط به ساعت ۱۵ utc (۶/۵ بعد از ظهر به وقت محلی) و کمترین فراوانی با ۳۰ مورد مربوط به ساعت ۰ utc (۳/۵ نیمه شب به وقت محلی) می‌باشد. در جدول (۳) فراوانی ساعتی پدیده گرد و غبار در هشت مرتبه دیده بانی در طی یک شبانه روز در ایستگاه سینوپتیک آورده شده است.

در نمودار ۴ فراوانی این پدیده در ساعت‌های مختلف شبانه روز با هم مقایسه شده است. ملاحظه می‌شود که در ساعات بعد از ظهر به وقت محلی گزارش پدیده گرد و غبار، بیشتر از ساعات نیمه شب و صبحگاه است.

جدول ۲: فراوانی ماهانه و میانگین روزهای همراه با گرد و غبار در شهرستان سبزوار طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

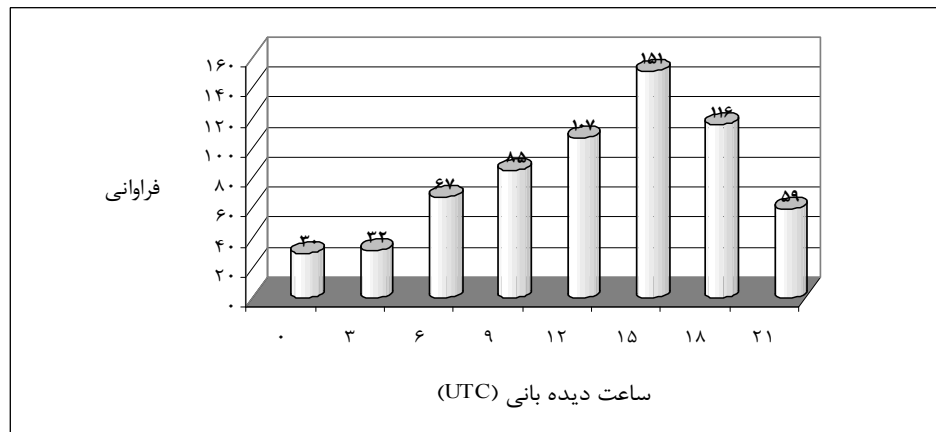
ماه سال	فروردین	اردیبهشت	مهر	مرداد	تیر	مهر	شهریور	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۱۳۶۸	۱	۲	۱	۰	۷	۲	۲	۰	۰	۰	۰	۱
۱۳۶۹	۰	۹	۴	۴	۵	۲	۳	۰	۰	۰	۰	۲
۱۳۷۰	۰	۴	۴	۱	۲	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۳۷۱	۲	۰	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۱
۱۳۷۲	۱	۲	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۳۷۳	۰	۱	۸	۱	۱	۲	۰	۰	۰	۰	۱	۰
۱۳۷۴	۰	۲	۲	۰	۴	۱	۰	۲	۰	۰	۰	۲
۱۳۷۵	۰	۰	۲	۲	۲	۱	۱	۰	۰	۰	۰	۱
۱۳۷۶	۲	۱	۳	۱	۴	۴	۱	۰	۰	۰	۱	۲
۱۳۷۷	۱	۲	۰	۰	۴	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۲
۱۳۷۸	۰	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
۱۳۷۹	۱	۴	۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴
۱۳۸۰	۲	۳	۲	۱	۹	۲	۱	۰	۰	۰	۱	۰
۱۳۸۱	۱	۲	۲	۰	۰	۳	۰	۲	۰	۰	۱	۴
۱۳۸۲	۷	۰	۰	۰	۲	۱	۱	۰	۱	۰	۰	۴
۱۳۸۳	۵	۹	۱	۲	۲	۰	۲	۰	۰	۰	۳	۴
۱۳۸۴	۲	۴	۶	۰	۴	۲	۰	۰	۰	۰	۰	۱
۱۳۸۵	۲	۲	۱	۰	۴	۵	۱	۴	۳	۰	۰	۱
۱۳۸۶	۲	۴	۴	۰	۱	۲	۱	۲	۰	۱	۰	۲
۱۳۸۷	۴	۷	۱۴	۲	۸	۲	۱	۱	۱	۱	۳	۵
جمع	۳۳	۶۰	۶۰	۲۳	۵۹	۲۸	۲۰	۱۱	۲	۲	۱۱	۳۴
میانگین	۱/۷	۳	۳	۱/۲	۲/۹	۱/۴	۱	۰/۶	۰/۱	۰/۱	۰/۶	۱/۷



جدول ۳: فراوانی ساعتی پدیده گرد و غبار در ایستگاه سینوپتیک سبزوار طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

ساعت سال	۰	۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸	۲۱
۱۳۶۸	۰	۰	۱	۳	۸	۱۲	۸	۰
۱۳۶۹	۱	۱	۷	۷	۱۱	۱۵	۹	۶
۱۳۷۰	۱	۱	۴	۷	۸	۸	۹	۳
۱۳۷۱	۰	۰	۲	۴	۳	۳	۱	۰
۱۳۷۲	۰	۱	۱	۰	۱	۲	۱	۰
۱۳۷۳	۰	۱	۳	۵	۴	۸	۸	۲
۱۳۷۴	۱	۰	۵	۵	۵	۴	۲	۲
۱۳۷۵	۱	۱	۰	۱	۲	۴	۴	۲
۱۳۷۶	۰	۰	۰	۵	۷	۱۰	۷	۳
۱۳۷۷	۰	۰	۲	۳	۵	۸	۴	۰
۱۳۷۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱
۱۳۷۹	۲	۰	۳	۴	۳	۴	۷	۲
۱۳۸۰	۰	۰	۲	۸	۸	۱۲	۷	۱
۱۳۸۱	۱	۲	۵	۳	۵	۶	۴	۵
۱۳۸۲	۰	۱	۳	۲	۶	۴	۵	۱
۱۳۸۳	۳	۶	۶	۶	۴	۱۰	۹	۴
۱۳۸۴	۲	۲	۳	۴	۴	۱۰	۹	۴
۱۳۸۵	۰	۱	۸	۶	۶	۹	۶	۴
۱۳۸۶	۱	۳	۶	۴	۵	۷	۳	۲
۱۳۸۷	۱۷	۱۲	۶	۸	۱۲	۱۵	۱۲	۱۷
جمع	۳۰	۳۲	۶۷	۸۵	۱۰۷	۱۵۱	۱۱۶	۵۹

نمودار ۴: فراوانی ساعتی پدیده گرد و غبار در ایستگاه سینوپتیک سبزوار طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷



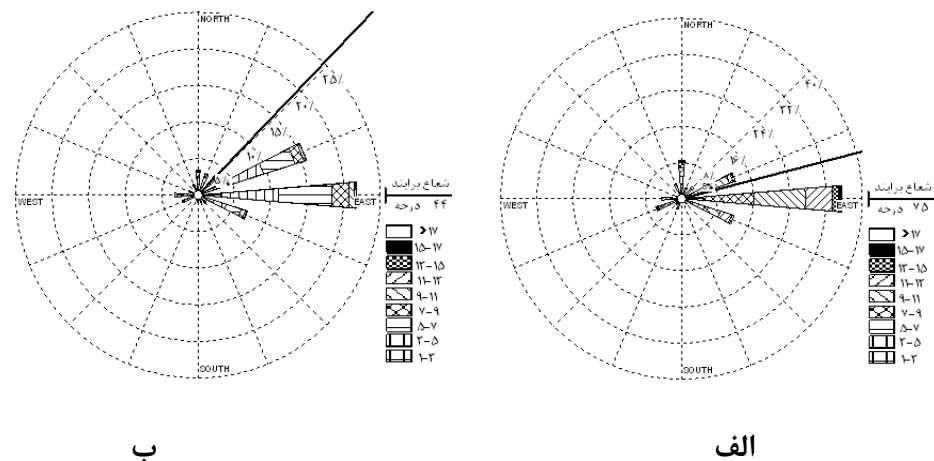
بنابراین در شهرستان سبزوار از اواخر فصل بهار و اوایل فصل تابستان، همزمان با تغییر فصل و دگرگونی شرایط اقلیمی، شرایط برای رخداد این پدیده به ویژه در بعد از ظهرها مهیا تر می‌شود. به نظر می‌رسد که با شروع دوره گرم و ضعیف شدن اثر سیستم‌های غربی در منطقه، میزان تابش خورشید و گرمایش سطح زمین افزایش یافته و در نتیجه گرادیان حرارتی شدیدی بین این منطقه و ارتفاعات مجاور و یا در عرض‌های بالاتر قرار گرفته‌اند ایجاد می‌گردد که این موضوع سبب وزش بادهایی با سرعت زیاد به سمت منطقه می‌شود. این گرادیان به هنگام شب و صبحدم به دلیل سرد شدن سطح زمین ضعیف شده و سرعت باد هم کاهش می‌یابد. به علاوه در شش ماه اول سال میزان بارندگی در شهرستان سبزوار به حداقل رسیده و رطوبت خاک به شدت کاهش می‌یابد و نهایتاً با وجود مناطق گسترده حساس به فرسایش بادی، شرایط برای ایجاد پدیده گرد و غبار در منطقه فراهم می‌آید. با این وجود برای مطالعه دقیق‌تر رژیم وزش بادهای گرد و غبارزا در شهرستان سبزوار گلباد و گل غبارهای سالانه و ماهانه ترسیم و با یکدیگر مقایسه شد.

### مطالعه گلباد و گل غبار سالانه و ماهانه شهرستان سبزوار

در شکل ۱، گلباد و گل غبار سالانه ایستگاه سینوپتیک سبزوار، طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷ در ۹ طبقه سرعت و ۱۶ جهت رسم شده است.

شکل ۱، الف: گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک سبزوار،

ب: گل غبار سالانه ایستگاه سینوپتیک سبزوار، دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷



در جدول (۴) طبقات سرعت باد در این دو دیاگرام با هم مقایسه شده است. در این جدول مجموع درصد ۹ طبقه سرعت و درصد باد آرام، صد درصد خواهد شد. از مقایسه گلباد و گل غبار سالانه و همچنین بررسی طبقات سرعت در جدول (۵)، نتایج زیر به دست می‌آید:

- (۱) در ایستگاه سینوپتیک سبزوار در ۳۱/۷ درصد مواقع از کل ساعات دیده بانی، هوا آرام است. یعنی در ۶۸/۳ درصد اوقات سال بادهایی با سرعت بیش از ۱ متر بر ثانیه در محل می‌وزد که نشان دهنده باد خیز بودن منطقه است. همچنین ۲/۱ درصد از زمان‌هایی که در ایستگاه سینوپتیک سبزوار پدیده گرد و غبار گزارش شده است، سرعت باد از یک متر بر ثانیه کمتر بوده و به عنوان هوای آرام همراه با پدیده گرد و غبار محاسبه شده است.
- (۲) مقایسه شعاع برآیند در دو دیاگرام شکل ۱، نشان می‌دهد که میانگین جهت وزش بادهای و بادغبارها و فراوانی آن‌ها در طی سال با هم متفاوت است. این نکته به خوبی گویای این مطلب است که برای مطالعه رژیم بادغبارها نباید به دیاگرام‌های گلباد اکتفا نمود.
- (۳) با توجه به شکل ۱، جهت باد غالب شرقی (بین ۱۰۱/۲۵ - ۷۸/۷۵ درجه) است که حدوداً ۲۲/۶۵ درصد از کل ساعات وزش باد را در طی سال شامل می‌شود. جهت بادغبار غالب نیز در دیاگرام گل غبار در ۳۵/۴ درصد مواقع شرقی است. بدین معنی که ۳۵/۴۴ درصد از بادهایی که در منطقه پدیده گرد و غبار ایجاد می‌نمایند از سمت شرق شهرستان می‌وزند.
- (۴) سرعت متوسط باد در ایستگاه سینوپتیک سبزوار طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷، ۳ متر بر ثانیه محاسبه شد که در نگاه اول، اندازه آن برای ایجاد پدیده گرد و غبار در منطقه مناسب نیست اما محاسبه سرعت متوسط ۸/۷۵ متر بر ثانیه برای بادغبارها که حدوداً ۵۰ درصد آن‌ها سرعتی بیش از ۹ متر بر ثانیه دارند، نشان می‌دهد که در مواقعی از سال وزش بادهایی با سرعت زیاد به همراه سایر عوامل می‌تواند پدیده گرد و غبار را در منطقه ایجاد نماید.

جدول ۴: درصد توزیع طبقات سرعت باد و باد غبار در ایستگاه سینوپتیک سبزوار

طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

سرعت (متر بر ثانیه)	باد آرام درصد	۱-۲	۳-۴	۵-۶	۷-۹	۱۰-۱۱	۱۲-۱۳	۱۴-۱۵	۱۶-۱۷	بیشتر از ۱۷
باد	۳۱/۷۷	۱۲/۳	۲۷/۲	۱۹/۸	۶/۱	۲/۱	۰/۶	۰/۲	۰	۰
بادغبار	۲/۱	۰/۹	۴/۶	۱۳/۴	۲۹/۵	۲۵/۲	۱۷/۱	۵/۳	۱/۴	۰/۵

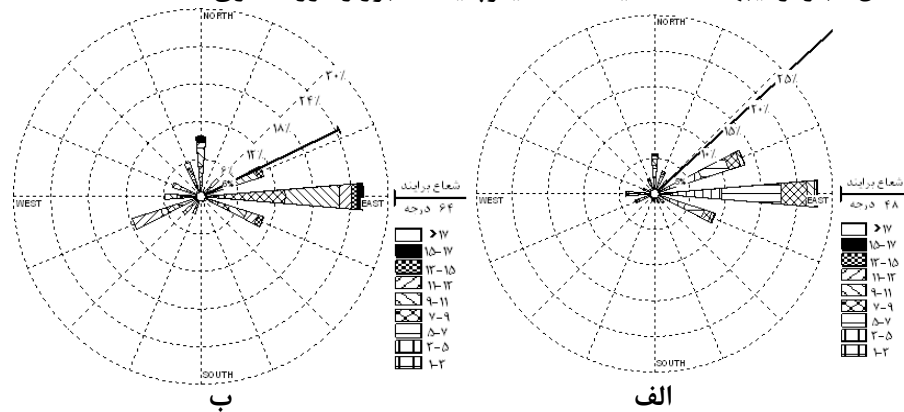
(۵) بیشترین فراوانی طبقه سرعت باد، مربوط به طبقه ۳ تا ۵ متر بر ثانیه با ۲۷/۲ درصد است، اما بیشترین فراوانی طبقه سرعت بادغبارها به طبقه ۷ تا ۹ متر بر ثانیه با ۲۹/۵ درصد طی دوره ذکر شده اختصاص دارد.

(۶) بر طبق دیاگرام گلباد سالانه در ۷۳/۷۵ درصد از کل زمان‌های وزش باد به منطقه طی دوره آماری بیست ساله، جهت وزش باد از شمال شرق تا جنوب شرق شهرستان را پوشش می‌دهد و در ۱۱/۶۵ درصد مواقع از جنوب غرب تا شمال غرب را در بر می‌گیرد و فقط در ۱۴/۶ درصد از سایر جهات به سمت شهرستان می‌وزد. یعنی در ۸۵/۴ درصد از کل زمان‌های وزش باد به منطقه جهت وزش آن در مسیر شرقی-غربی است. همچنین با توجه به دیاگرام گل غبار سالانه، در ۶۶/۴۶ درصد از کل زمان‌های وزش بادغبارها به منطقه، از جهت شمال شرق تا جنوب شرق است و در ۱۴/۹ درصد، از جنوب غرب تا شمال غرب را در بر می‌گیرد که مجموعاً ۸۱/۳۶ درصد از کل مواقع در مسیر شرقی-غربی است. این نتیجه با وضعیت توپوگرافی شهرستان مطابقت کامل دارد و به نظر می‌رسد که باد در این شهرستان در مسیر شرقی-غربی کانالیزه می‌شود.

مطالعه گلباد و گل غبار سالانه اطلاعاتی کلی در مورد وضعیت بادها و بادغبارها بدست می‌دهد از این رو گلباد و گل غبارهای ماهانه شهرستان سبزوار از فروردین تا اسفند طی دوره آماری بیست ساله ۱۳۶۷-۱۳۸۷ رسم شد که به دلیل حجم زیاد آنها فقط دیاگرام‌های مربوط به ماه‌های میانی در هر فصل به عنوان نماینده در شکل‌های ۲ تا ۵ آورده شده است. بعلاوه گل غبارهای دو ماه آذر و دی به دلیل گزارش ناچیز پدیده گرد و غبار طی دوره آماری بیست ساله قابل رسم نبود.

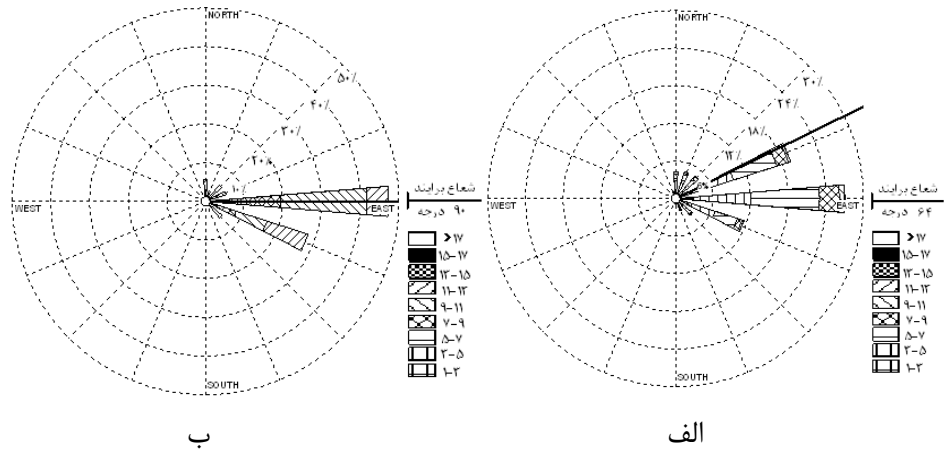
شکل ۲، الف: گلباد اردیبهشت ماه،

ب: گل غبار اردیبهشت ماه ایستگاه سینوپتیک سبزوار، دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷



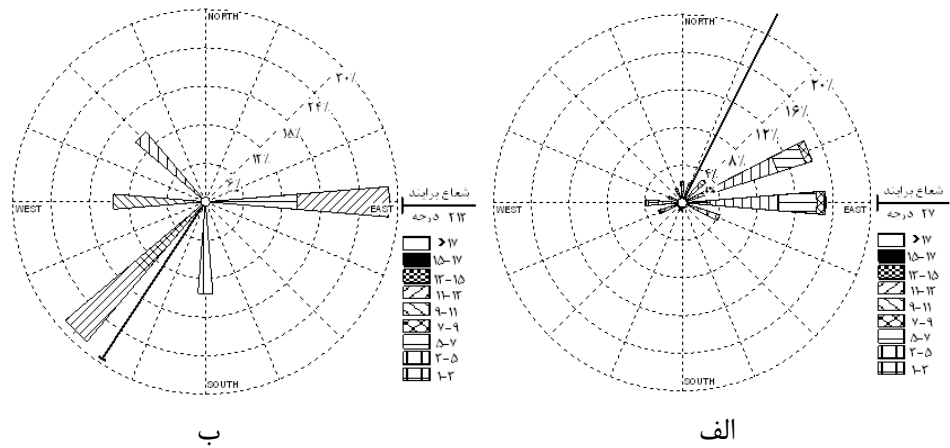
شکل ۳، الف: گلباد مردادماه،

ب: گل غبار مردادماه ایستگاه سینوپتیک سبزوار، دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷



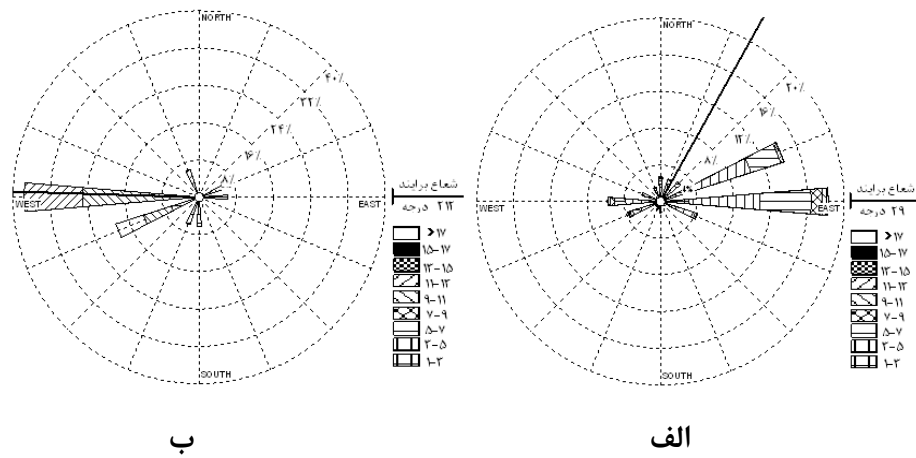
شکل ۴، الف: گلباد آبان ماه،

ب: گل غبار آبان ماه ایستگاه سینوپتیک سبزوار، دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷



شکل ۵، الف: گلباد بهمن ماه،

ب: گل غبار بهمن ماه ایستگاه سینوپتیک سبزوار، دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷



درصد طبقات سرعت باد و بادغبار در تمام ماه‌های سال طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷ در جداول (۵) و (۶) آورده شده است. همچنین در جدول (۷) میانگین سرعت باد و بادغبار در تمام ماه‌ها با هم مقایسه شده است.

جدول ۵: درصد توزیع ماهانه طبقات سرعت باد و درصد باد آرام در ایستگاه سینوپتیک سبزوار طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

طبقات سرعت (متر بر ثانیه)	درصد باد آرام	۱-۲	۳-۴	۵-۶	۷-۹	۱۰-۱۱	۱۱-۱۲	۱۳-۱۵	۱۵-۱۷	بیشتر از ۱۷
فروردین	۳۰/۵	۱۱/۵	۲۸	۲۰/۳	۶/۳	۲/۵	۰/۶	۰/۴	۰	۰
اردیبهشت	۲۴/۹	۱۰/۷	۲۶/۱	۲۴	۹	۳/۶	۱/۱	۰/۴	۰/۱	۰
خرداد	۱۵/۳	۸/۶	۲۹	۲۹/۱	۱۱/۶	۴/۲	۱/۴	۰/۷	۰/۱	۰
تیر	۱۵/۵	۸	۲۷/۳	۳۰/۵	۱۲/۱	۵/۳	۱	۰/۲	۰	۰
مرداد	۱۹/۶	۱۱/۱	۳۰	۲۸/۹	۷/۸	۲/۱	۰/۴	۰	۰	۰
شهریور	۲۸/۲	۱۲/۸	۲۸/۴	۲۲/۶	۶/۳	۱/۶	۰/۳	۰	۰	۰
مهر	۳۶/۷	۱۳/۴	۲۶/۶	۱۷/۲	۴/۵	۱/۲	۰/۴	۰	۰	۰
آبان	۴۴/۳	۱۴/۵	۲۵/۹	۱۱/۸	۲/۷	۰/۵	۰/۲	۰	۰	۰
آذر	۵۱/۵	۱۵	۲۳/۳	۸/۱	۱/۵	۰/۵	۰	۰	۰	۰
دی	۴۵/۹	۱۵/۵	۲۶	۱۰/۵	۱/۶	۰/۳	۰/۱	۰	۰	۰
بهمن	۳۷/۲	۱۳/۶	۲۸	۱۵/۴	۳/۶	۱/۳	۰/۶	۰/۲	۰	۰
اسفند	۳۴	۱۳/۱	۲۷/۲	۱۷/۴	۵/۱	۲/۳	۰/۵	۰/۲	۰/۱	۰

جدول ۶: درصد توزیع ماهانه طبقات سرعت بادغبار و درصد باد آرام در ایستگاه سینوپتیک سبزوار طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

طبقات سرعت (متر بر ثانیه)	درصد باد آرام	۱-۲	۳-۴	۵-۶	۷-۹	۱۰-۱۱	۱۱-۱۳	۱۳-۱۵	۱۵-۱۷	بیشتر از ۱۷
فروردین	۲/۲	۶/۵	۱۳	۱۳	۲۱/۷	۲۶/۱	۶/۵	۸/۷	۲/۲	۰
اردیبهشت	۱	۱	۷/۷	۱۴/۴	۲۹/۸	۲۵	۱۴/۴	۳/۸	۱/۹	۱
خرداد	۲/۳	۰	۴/۷	۱۱/۷	۲۵/۸	۲۵/۸	۱۷/۲	۱۰/۹	۱/۶	۰
تیر	۰	۰	۱	۱۳/۳	۳۷/۱	۲۴/۸	۲۰	۳/۸	۰	۰
مرداد	۰	۰	۰	۸/۳	۳۰/۶	۳۸/۹	۲۲/۲	۰	۰	۰
شهریور	۲/۴	۰	۴/۸	۹/۵	۳۵/۷	۳۱	۱۴/۳	۲/۴	۰	۰
مهر	۰	۴/۲	۰	۸/۳	۳۷/۵	۱۲/۵	۳۳/۳	۴/۲	۰	۰
آبان	۰	۰	۲۸/۶	۱۴/۳	۱۴/۳	۱۴/۳	۲۸/۶	۰	۰	۰
آذر	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
دی	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
بهمن	۱۲/۵	۰	۰	۳۱/۳	۶/۳	۲۵	۱۸/۸	۰	۰	۶/۳
اسفند	۶/۸	۰	۱/۷	۱۸/۶	۲۸/۸	۱۸/۶	۱۵/۳	۳/۴	۵/۱	۱/۷

جدول ۷: مقایسه میانگین سرعت باد و بادغبارها در طی ماه‌های سال،

در ایستگاه سینوپتیک سبزوار طی دوره آماری ۱۳۶۷-۱۳۸۷

اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	مهر	ماه‌های سال
۲/۸۶	۲/۵۸	۱/۹۳	۱/۶۹	۲/۰۹	۲/۵۹	۳/۱	۳/۶۷	۴/۳۳	۴/۳	۳/۶۵	۳/۱۱	باد	
۸/۴۷	۷/۹۴	-	-	۷/۵۷	۹/۰۴	۸/۵۲	۹/۰۶	۸/۹۴	۹/۱۳	۸/۶۲	۷/۷۴	بادغبار	

بر اساس اطلاعات استخراج شده از گلباد و گل غبارهای ماهانه ایستگاه سبزوار نتایج زیر به دست آمده است:

- جهت باد غالب در تمام ماه‌های سال شرقی (بین  $۱۰۱/۲۵ - ۷۸/۷۵$  درجه) است. بیشترین درصد وزش باد از سمت شرق، مربوط به دوره گرم سال و ماه‌های خرداد و تیر است که به ترتیب  $۳۶/۳۷$  و  $۲۸/۱۵$  درصد را به خود اختصاص داده و کمترین آن در ماه‌های آذر و آبان به ترتیب با  $۲۲/۱۴$  و  $۱۵/۱۸$  درصد در ماه می باشد. در مورد بادغبارها به استثنای دو ماه آبان و بهمن، جهت بادغبار غالب کاملاً در جهت شرق است که حداکثر وزش این بادها برای ماه‌های خرداد و مرداد به ترتیب با  $۴۷/۶۵$  و  $۴۷/۲۲$  درصد محاسبه شده بدین معنی که در حدود نیمی از موارد گزارش پدیده گرد و غبار در این دو ماه، جهت باد شرقی بوده است. در ماه بهمن جهت بادغبار غالب غربی ( $۲۸۱/۲۵ - ۲۵۸/۷۵$ ) است و در ماه آبان، دو جهت شرق و جنوب غرب ( $۲۳۶/۲۵ - ۲۱۳/۷۵$ ) فراوانی یکسانی دارند.
- ماه‌های آذر و دی به ترتیب در  $۵۱/۵$  و  $۴۵/۹$  درصد مواقع سال آرامترین هوا را نسبت به سایر ماه‌ها دارند و از طرف دیگر ماه‌های خرداد و تیر به ترتیب با  $۱۵/۳$  و  $۱۵/۵$  درصد باد آرام، بادخیزترین ماه‌های سال هستند.
- میانگین سرعت باد در شش ماهه اول سال از میانگین سالانه سه متر بر ثانیه بالاتر است و دو ماه تیر و خرداد به ترتیب با سرعت‌های  $۴/۳۳$  و  $۴/۳$  متر بر ثانیه، بیشترین میانگین سرعت ماهانه را دارند. این میانگین در شش ماهه دوم سال از میانگین سالانه پایین تر است و در ماه‌های آذر و دی به ترتیب با  $۱/۶۹$  و  $۱/۹۳$  متر بر ثانیه به حداقل می‌رسد.
- در مقایسه با میانگین ماهانه سرعت باد، میانگین ماهانه بادغبارها بسیار بالاتر است. ماه‌های خرداد و مرداد به ترتیب با  $۹/۱۳$  و  $۹/۰۶$  متر بر ثانیه بالاترین و ماه آبان با  $۷/۵۷$  متر بر ثانیه کمترین میانگین را دارند.



۵- در تمام ماه‌های سال طبقه سرعت ۳ تا ۵ متر بر ثانیه، بالاترین درصد فراوانی را دارد، به استثنای دو ماه خرداد و تیر که طبقه ۵ تا ۷ متر بر ثانیه درصد بالاتری دارند. وزش بادهایی با سرعت بین ۱۳ تا ۱۵ متر بر ثانیه از اسفند تا مرداد دیده می‌شود که بیشترین درصد آن در خرداد است و بادهایی در طبقه ۱۵ تا ۱۷ متر بر ثانیه فقط در دو ماه اردیبهشت و خرداد دیده می‌شود. بررسی طبقات سرعت بادغبارها، در دوره گرم سال نشان می‌دهد بیشترین درصد وزش باد مربوط به طبقات ۷ تا ۹ و ۹ تا ۱۱ متر بر ثانیه است و در ماه‌های فصل بهار، بادهایی با سرعت بیش از ۱۵ متر بر ثانیه باعث ایجاد پدیده گرد و غبار در منطقه شده است. اما در دوره سرد سال، نوعی بی‌نظمی در طبقات وزش بادغبارها دیده می‌شود که به نظر می‌رسد به ورود سیستم‌های غربی به منطقه مربوط است.

۶- مقایسه شعاع برآیند گلباد و گل غبار در هر ماه با یکدیگر به خوبی روشن می‌نماید که در دوره گرم سال جهت میانگین وزش بادغبارها تقریباً با جهت میانگین وزش بادها مطابقت دارد، اما با شروع دوره سرد سال این هماهنگی از بین رفته به طوری که در ماه‌های بهمن و اسفند، جهت این شعاع‌ها کاملاً با هم متفاوت شده اند. به نظر می‌رسد که ورود سیستم‌های غربی به منطقه و وزش بادهای قوی در سطح زمین در شش ماه دوم سال با این مساله مرتبط است.

۷- بررسی گلبادهای ماهانه سبزوار نشان می‌دهد که در طی سال، این منطقه تحت تأثیر سیستم‌های جوی متفاوتی قرار می‌گیرد. وجود درصد بالای وزش باد از نیمه شرقی منطقه در ماه‌های اردیبهشت تا شهریور، دلیل بر استیلای سیستم‌های حرارتی در این ماه است که با افزایش تابش خورشید در این ماه‌ها و وجود دشت‌ها و کویرهای گسترده در اطراف سبزوار، سبب ایجاد کم فشارهای حرارتی در سطح زمین می‌شود و جریانات باد را از اطراف به سمت سبزوار ایجاد می‌کند. اما از مهر تا اردیبهشت ماه، درصد وزش بادهایی از نیمه غربی منطقه، به ویژه جهت غرب و غرب- جنوب غرب رو به افزایش است که با نفوذ جریانات غربی و مدیترانه‌ای به منطقه سازگار است. بررسی گل غبارهای ماهانه نیز این مطلب را تأیید می‌کند؛ زیرا از مهر تا اردیبهشت از درصد فراوانی بادغبارهای شرقی کاسته شده و به درصد بادغبارهای غربی و جنوب غربی افزوده می‌شود، به طوری که در ماه بهمن بادغبار غالب، کاملاً غربی است.

۸- بنا به مطالعات آماری، ۷۶/۷ درصد روزهای همراه با گرد و غبار در شهرستان سبزوار، در دوره گرم سال (بهار و تابستان) اتفاق می‌افتد و همچنین ۷۱ درصد از کل گزارشات

ساعتی پدیده گرد و غبار در این منطقه، در ساعات بعد از ظهر به ویژه ساعت ۶/۳۰ بعدازظهر به وقت محلی روی می‌دهد. به علاوه، با توجه به گلباد و گل غبار سالانه سبزوار، وزش باد از نیمه شرقی دارای بالاترین درصد سالانه است. از تمام این موارد می‌توان چنین نتیجه گرفت که نقش سیستم‌های حرارتی در تولید و گسترش پدیده گرد و غبار در شهرستان سبزوار بسیار چشمگیرتر از نقش سیستم‌های دینامیک است که منطقه را در دوره سرد سال تحت تأثیر خود قرار می‌دهد.

۹- در مجموع از آن چه در جداول فوق آمده است، می‌توان نتیجه گرفت که وقوع روزهای همراه با پدیده گرد و غبار در هر ماه فقط به میانگین سرعت ماهانه بستگی ندارد و عوامل دیگری نیز بر این پدیده تأثیر گذارند. به عنوان مثال در مرداد ماه میانگین سرعت باد ۳/۶۷ متر بر ثانیه است که پس از ماه‌های تیر و خرداد در رتبه سوم قرار دارد اما با توجه به نمودار ۲، فراوانی روزهای همراه با پدیده گرد و غبار در این ماه در رتبه هفتم نسبت به ماه‌های دیگر قرار گرفته است. شاید در این ماه، گسترش بیشتر شاخ و برگ درختان، باغات و مناطق تاغ کاری شده در اطراف شهرستان، سرعت باد را در سطح خاک کاهش داده و همچنین عمیق تر شدن ریشه گیاهان در این ماه نسبت به ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت، سبب چسبندگی بیشتر ذرات خاک به یکدیگر شده و تا حدودی وقوع پدیده گرد و غبار در این ماه را کنترل نموده است و از طرف دیگر، وزش باد در این ماه از نیمه غربی کشور به حداقل می‌رسد به طوری که در دی‌گرام گل غبار مرداد ماه، حتی یک مورد گزارش ساعتی گرد و غبار از نیمه غربی در طی بیست سال دیده نمی‌شود این در صورتی است که در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت وزش بادهای غربی قابل توجه است. این بادها از روی منطقه گسترده تپه‌های ماسه ای جنوب غرب سبزوار عبور می‌کنند و چون این تپه‌ها نسبت به تپه‌های شرقی و جنوب شرقی شهرستان گسترده تر و ریزدانه تر هستند (نکونام، ۱۳۸۷) و همچنین سطح کمتری از آنها توسط اداره منابع طبیعی سبزوار (جهت کنترل فرسایش بادی) مورد تاغ کاری قرار گرفته است، احتمال برداشت ذرات آنها توسط بادهایی با سرعت پایین تر، بیشتر است و فراوانی وقوع روزهای همراه با گرد و غبار را در ماه‌های اسفند تا اردیبهشت موجب شده است.

## نتیجه گیری

شهرستان سبزوار در شمال شرق کشور، از مکان‌های مساعد برای رخداد پدیده گرد و غبار محسوب می‌شود. از آنجا که برای بررسی رژیم بادهای گرد و غبارزا در یک منطقه، روش مشخصی وجود ندارد، در این مقاله با رسم دیاگرام گل غبار برای اولین بار، این هدف محقق شد. نتایج مطالعات آماری نشان می‌دهد که طی دوره آماری بیست ساله ۱۳۶۷-۱۳۸۷ به طور متوسط ۱۷/۱۵ روز در سال پدیده گرد و غبار رخ داده است. به علاوه در این دوره بیست ساله، وقوع روزهای همراه با گرد و غبار روند افزایشی داشته است. حدود ۷۶/۷ درصد از روزهای همراه با گرد و غبار طی فصل‌های بهار و تابستان اتفاق می‌افتد. بیشترین احتمال وقوع روزهای همراه با پدیده گرد و غبار در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و تیر است که به طور میانگین سه روز در سال همراه با پدیده گرد و غبار می‌باشد و این میانگین در ماه‌های آذر و دی به ۰/۱ روز در سال می‌رسد. به علاوه بیش از ۷۱ درصد از گزارش‌های ساعتی پدیده گرد و غبار در ایستگاه سینوپتیک سبزوار در ساعات بعد از ظهر روی می‌دهد که ساعت ۶/۳۰ بعد از ظهر به وقت محلی با ۲۳/۳ درصد بیشترین فراوانی را دارد. بررسی گلبادهای ماهانه نشان می‌دهد که ماه‌های خرداد و تیر بادخیزترین ماه‌های سال هستند و فقط حدود ۱۵ درصد مواقع، هوا آرام است و همچنین میانگین سرعت باد در این دو ماه از سایر ماه‌های سال بیشتر است (۴/۳ متر بر ثانیه). به علاوه آذر آرام‌ترین ماه سال است که در ۵۱/۵ درصد مواقع، سرعت باد کمتر از ۱ متر بر ثانیه گزارش می‌شود. از بررسی گلباد سالانه مشخص می‌شود که سرعت متوسط باد در طی سال ۳ متر بر ثانیه است و طبقه سرعت ۳ تا ۵ متر بر ثانیه بیشترین فراوانی را دارد. اما محاسبه سرعت متوسط ۸/۷۵ متر بر ثانیه برای بادغبارها که حدوداً ۵۰ درصد آن‌ها سرعتی بیش از ۹ متر بر ثانیه دارند نشان می‌دهد در مواقعی از سال، شرایط برای وزش بادهای قوی فراهم می‌گردد که به همراه سایر عوامل می‌تواند پدیده گرد و غبار را در منطقه ایجاد نماید.

باد غالب در دیاگرام‌های گلباد و گل غبار سالانه در هر دو مورد در جهت شرق (۱۰۱/۲۵-۷۸/۷۵) است. بررسی گلباد سالانه مشخص می‌کند که در ۸۵/۴ درصد از کل زمان‌های وزش باد به منطقه جهت وزش باد در مسیر شرقی-غربی است. بعلاوه با توجه به گل غبار سالانه، در ۸۱/۳۶ درصد مواقع، بادغبارها نیز در مسیر شرقی-غربی می‌وزند. در واقع کانال بادی در مسیر شرقی-غربی در منطقه ایجاد شده است. این نتیجه کاملاً با وضعیت توپوگرافی شهرستان سبزوار مطابقت دارد. همچنین مطالعه دقیق تر گلبادهای ماهانه نشان می‌دهد که سیستم‌های جوی متفاوتی در شکل‌گیری پدیده گرد و غبار در منطقه نقش دارند. با افزایش تابش خورشید از اردیبهشت تا شهریورماه و به دلیل وجود دشت‌ها و کویرهای گسترده در اطراف سبزوار، کم

فشارهای حرارتی در سطح زمین تشکیل شده و در نتیجه گرادیان شدید فشار بین این منطقه با ارتفاعات مجاور یا عرض‌های بالاتر ایجاد می‌شود در نتیجه جریانات شدید باد از اطراف به سمت سبزواری ایجاد می‌گردد. اما از مهر تا اردیبهشت ماه، وزش بادهایی از نیمه غربی به ویژه جهت غرب و غرب- جنوب غرب رو به افزایش است که با نفوذ جریانات غربی و مدیترانه‌ای به منطقه سازگاری دارد. بررسی گل‌غبارهای ماهانه نیز این مطلب را تأیید می‌کند، زیرا از ماه مهر تا اردیبهشت از فراوانی بادغبارهای شرقی کاسته شده و به بادغبارهای غربی و جنوب غربی افزوده می‌شود، به طوری که در ماه بهمن جهت باد غالب در گلباد شرقی بوده اما جهت باد غالب در گل‌غبار، کاملاً غربی است. مقایسه شعاع برآیند گلباد و گل‌غبار در هر ماه به خوبی این مطلب را تأیید می‌کند. در دوره گرم سال جهت میانگین وزش بادغبارها تقریباً با جهت میانگین وزش بادهای مطابقت دارد، اما با شروع دوره سرد سال این هماهنگی از بین رفته به طوری که در ماه‌های بهمن و اسفند، جهت این شعاع‌ها کاملاً با هم متفاوت شده است.

## منابع

- ۱) اختصاصی، محمدرضا، تهیه نقشه حساسیت به فرسایش بادی اراضی حوضه دشت یزد-اردکان با کاربرد دستگاه سنجش فرسایش بادی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۱۳۷۲.
- ۲) امیدوار، کمال، بررسی و تحلیل سینوپتیکی توفان‌های ماسه در دشت یزد-اردکان، طرح پژوهشی دانشگاه یزد، ۱۳۸۴.
- ۳) ثروتی، محمدرضا، بیابان و ژئومرفولوژی آن، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابان زایی و روش‌های مختلف بیابان زدایی، شهریور ۱۳۷۵، صص ۱۱۹-۱۱۱.
- ۴) حسین زاده، سید رضا، بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال دوازدهم، شماره ۴۶، ۱۳۷۶، صص ۱۲۷-۱۰۳.
- ۵) حسینی، سید باقر، مطالعه سینوپتیکی توفان‌های شدید در تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، هواشناسی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، زمستان ۱۳۷۹.
- ۶) ذوالفقاری، حسن و حیدر عابدزاده، تحلیل سینوپتیک سیستم‌های گرد و غبار در غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، پاییز و زمستان ۱۳۸۴، صص ۱۸۸-۱۷۳.
- ۷) صداقت، محمود، فرایندهای بیرونی تشکیل دهنده ی زمین، چاپ در مرکز تولید دانشگاه آزاد ایران، ۱۳۵۸.
- ۸) مجموعه دستورالعمل کدها و روش‌های دیده بانی سطح زمین، اداره کل هواشناسی مشهد، ۱۳۸۷.
- ۹) مرجانی، سید صدرالدین، بررسی سینوپتیکی بادهای شدید بیش از ۱۵ متر بر ثانیه (توفان) در خراسان، پایان نامه کارشناسی ارشد، گرایش سینوپتیک، دانشگاه تهران، مؤسسه ژئوفیزیک، بهمن ۱۳۷۲.
- ۱۰) مقیمی، ابراهیم، دینامیک و سیستم بادهای بر اساس اشکال تراکمی و فرسایشی در دشت لوت، مجله بیابان، جلد ۱۱، شماره ۱، ۱۳۸۵، صص ۱۸۵-۱۷۷.
- ۱۱) مهرشاهی، داریوش، تغییر شرایط طبیعی کویر اردکان یزد در انتهای دوران چهارم، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی مشهد، شماره ۶۸، بهار ۱۳۸۲، صص ۱۰۰-۸۳.
- ۱۲) نکونام، زری، بررسی و تحلیل توفان‌های گرد و غبار در شهرستان سبزوار، پایان نامه کارشناسی ارشد، جغرافیای طبیعی، دانشگاه یزد، زمستان ۱۳۸۷.

۱۳) همتی، نصر...، بررسی فراوانی وقوع توفان‌های خاک در نواحی مرکزی و جنوب غرب کشور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، مؤسسه ژئوفیزیک، اردیبهشت ۱۳۷۴.

- ۱۴) Chen, W. (۱۹۹۶). Wind tunnel test of the influence of moisture on the erdibility of loessial sandy loam soils by wind. *Journal of Arid Environments*, ۳۴, ۳۹۱-۴۰۲.
- ۱۵) Orlovsky, L., Orlovsky, N., Durdyev, A. (۲۰۰۴). Dust storms in Turkmenistan. *Journal of Arid Environments*, volume ۶۰, pages ۸۳-۹۷.
- ۱۶) Qiang, M., Chen F., Zhou, A., Xiao, Sh., Zhang J., Wang, Zh. (۲۰۰۷). 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*, volume ۱۷۵, issue ۲, pages ۸۲-۸۹.
- ۱۷) Tanaka, T. Y., Kurosaki Y., Chiba M., Matsumura T., Nagai T., Yamazaki A., Uchiyama A., Tsunematsu N., Kai K. (۲۰۰۵). Possible transcontinental dust transport from North Africa and the Middle East to East Asia. . *Atmospheric Environment*: volume ۳۹, pages ۳۹۰۱-۳۹۰۹.
- ۱۸) Wang,W. Fang, Z. Y. (۲۰۰۶). Numerical simulation and synoptic analysis of dust, emission and transport in East Asia. *Global and planetary change*, volume ۵۲, pages ۵۷-۷۰.
- ۱۹) ۱۹-[WWW.Sid.ir](http://WWW.Sid.ir)
- ۲۰) [WWW.Sciencedirect.com](http://WWW.Sciencedirect.com)
- ۲۱) [WWW.weather.ir](http://WWW.weather.ir)