نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال نهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۱.

صفحات ۸۷ – ۱۰۲

ارزیابی وقوع، ردیابی و منشاء پدیده گرد و غبار در سایت‌های پایش زوال جنگل‌های زاگرس استان چهارمحال و بختیاری

فاطمه درگاهیان[1]؛ استادیار سازمان تحقیق، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ایران.

مهدی پورهاشمی؛ دانشیار سازمان تحقیق، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ایران.

سمانه رضوی زاده، استادیار سازمان تحقیق، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ایران.

دریافت مقاله :۱۴۰۱/۰۳/۱۱ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۶/۲۸

چکیده

زوال و خشکیدگی بلوط در بیش از۴۰ کشور دنیا و از جمله ایران رخ داده است. عوامل متعددی در خشکیدگی و زوال بلوط نقش داشته‌اند در بین عوامل طبیعی تغییر اقلیم در همه کشورها مشترک است اما گردوغبار به عنوان یک عامل کمک کننده به زوال در جنگل‌های زاگرس که در مجاورت و مسیر عبور جریان‌های گردوغباری قرار دارد، نقش مهمی ایفا نموده است. در این تحقیق با هدف بررسی رخداد گردوغبار و ردیابی مسیر و منشاء آن در سایت‌های پایش زوال زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری از آمار و داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به سایت‌های پایش زوال استفاده شد. کدهای مربوط به رخداد گرد و غبار، از بین ۱۰۰ کد پدیده (۰-۹۹)، استخراج شد و فروانی رخداد گردوغبار با میدان دیدهای افقی مختلف بررسی شد. به منظور شناسایی جهت مسیر ورود گردوغبار از نمودار گلغبار و برای ترسیم گلغبار از نرم افزار WR- PLOT استفاده شد. داده‌های مربوط به سمت و سرعت باد استخراج و سمت و سرعت باد متناظر با روزهای گردوغباری برای ورود به نرم افزار ترسیم گلغبار استخراج و به فرمت مخصوص این نرم افزار تبدیل شد. به منظور شناسایی وردیابی منابع گردوغبار ورودی به محدوده سایت‌های پایش زوال از مدل شبیه‌سازی HYSPLIT استفاده شد. نتایج نشان داد رخداد گردوغبار در سایت‌های پایش زوال روند افزایشی داشته و مسیر ورود گردوغبار به سایت‌های زوال از سمت غرب وحنوب غرب و شمال غرب به ترتیب اهمیت بوده است و منطقه مورد مطالعه با توجه به موقعیت قرارگیری و نزدیکی به منابع گردوغبار و قرارگیری در مسیر جریانات جوی ورودی از گردوغیارهای داخل و خارج از کشور متاثر بوده است. ردیابی منشاء ذرات گردوغبار در سه سطح ارتفاعی ۵۰۰،۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متری نشان داد مهمترین منابع گردوغبار ورودی به منطقه از عراق و عربستان می‌باشد که با عبور از روی کانون‌های گردوغبار داخلی در استان خوزستان تقویت شده است. با توجه به اینکه رخداد گردوغبار و مسیر ورود آن می‌تواند یکی از عوامل کمک کننده به زوال درختان بلوط زاگرس باشد و میزان اثرات آن در دامنه‌های مختلف، متفاوت است، به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان اکوسیستم جنگلی کمک می‌کند که درسطح کلان با برنامه‌های کنترل کانون‌های داخلی و همکاری‌های بین‌المللی با کشورهای همسایه در جهت حفظ و احیاء جنگل گام بردارند.

واژه های کلیدی: زوال بلوط، گرد و غبار داخلی و خارجی، گلغبار، نرم‌افزار WR- PLOT ، مدل .HYSPLIT

[1]. نویسنده مسئول: Email:dargahian@irfr.ac.ir

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]

مقدمه

امروزه پدیده زوال بلوط جنگل‌های زاگرس یکی از مهمترین چالش‌های منابع طبیعی ایران است. این پدید معلول عوامل متعددی است. در بین عوامل طبیعی علاوه بر رخداد تغییر اقلیم و افزایش گرمای ناشی از آن و رخداد یک سیکل خشکسالی طولانی، پدیده گرد و غبار نیز می‌تواند یکی از عوامل موثر باشد. گرد و غبار ویژگی مناطق خشک و یا هر منطقه‌ای است که در مجاورت مناطق تولید گرد و غبار قرار دارد و با قرارگیری در مسیر عبور سیستم‌های گرد و غباری از تبعات آن برخوردار شود. باوجودی‌که در کل اکوسیستم زاگرس کانون گردو غباری وجود ندارد اما چون اکوسیستم زاگرس اولین مانع طبیعی در برابر گرد و غبارهای ورودی از سمت غرب و جنوب غرب از کشورهای همسایه بویژه عراق و کانون‌های گرد و غبار داخلی در استان خوزستان است، در دو دهه اخیر با توجه به افزایش فعالیت و شدت کانون‌های گرد و غبار داخلی و خارجی ورودی به ایران، به شدت تحت تاثیر این پدیده واقع شده و همرا با سایر عوامل بر شدت زوال درختان زاگرس، بویژه بلوط افزوده است.

مطالعات زیادی درباره مسیر ورود گرد و غبار به غرب ایران که شامل اکوسیستم زاگرس هم هست، انجام شده است: بررسی تصاویر ماهواره‌ای همراه با نقشه‌های جوی و مقایسه آنها طی سال‌های مختلف نشان داد، شرق سوریه، عراق و نیز بیابان‌های عربستان به‌عنوان چشمه‌های گرد و غبار شناسایی و مسیر شمال‌غرب- جنوبشرق و غرب- شرق بیشترین مسیر جریان انتقال گرد و غبار به غرب ایران هستند (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۱). علاوه بر تصاویر ماهوارهای و ردیابی سیستم‌های جوی مدل شبیه‌سازی HYSPLIT نیز یکی از روش‌های ردیابی ذرات غبار در اتمسفر است. شناسایی چشمه‌ها و ردیابی مسیرهای ورود طوفان‌های گرد و غبار از منابع داخلی به کلان‌شهر اراک با استفاده از مدلHYSPLIT نشان داد که مدل‌های عددی توانایی ردیابی مسیر و شناسایی چشمه طوفان‌های گرد و غبار را دارد (انصاری و جمشیدی، ۱۳۹۷). بررسی تشکیل و انتشار طوفان‌های گرد و خاک ورودی به غرب و جنوب‌غرب ایران با استفاده از مدل پخش لاگرانژی ذراتHYSPLIT (ریوندی و همکاران، ۱۳۹۲)، شبیه‌سازی خط سیر چند نمونه از طوفان‌های گرد و غبار شدید استان کرمانشاه از دیدگاه همدید و مدلHYSPLIT (کیخسروی و حاصلی، ۱۳۹۶)، شناسایی کانون موج طوفان گرد و غبار ۱۶ تا ۱۹ ژوئن ۲۰۱۵ در غرب ایران (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۹۷)، ردیابی گرد و غبار در سنندج با استفاده از مدل HYSPLIT در سطوح ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ (صلاحی برومند و همکاران، ۱۳۹۸)، شناسایی خاستگاه منابع گرد و غبار ورودی به غرب ایران (احمدی ملاوردی و همکاران، ۱۳۹۹)، بررسی رخدادهای گردوغبار در استان قم با مدل رقومی و مطالعه کاربری اراضی منشأ آن‌ها (روحانی و همکاران، ۱۴۰۰) حاکی از منابع اصلی گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران از کشورهای عراق و عربستان و همراهی آن در سال‌های اخیر از منابع و کانون‌های داخلی به‌ویژه در استان خوزستان است. نتایج این ردیابی نشان می‌دهد که گرد و غبار ورودی از سمت غرب، جنوب غرب و شمال غرب وارد غرب ایران شده و اکوسیستم زاگرس را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

رشته کوه زاگرس همراه با پوشش جنگلی آن به عنوان یک مانع طبیعی در برابر گرد و غبار عمل می‌کند. درگذشته درختان بلوط زاگرس توانایی پالایش ذرات گرد و غبار را داشته ولی در دو دهه اخیر به علت افزایش رخدادهای گرد و غبار توانایی پالایش آنها را نداشته و با جذب آن توسط برگ‌های کرک‌دار خود مانع از عمل فتوسنتز توسط برگ شده و همراه با سایر عوامل منجر به زوال و خشکیدگی درختان بلوط زاگرس شده است. پدیدهٔ زوال بلوط در جنگل‌های زاگرس، سطح گسترده‌ای را متأثر کرده است. آلاینده‌های موجود در گرد و غبار، از مهم‌ترین عامل‌های زوال گونه‌های جنگلی

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]

زاگرس اعلام شده‌اند. بررسی تأثیر گرد و غبار در شرایط شبیه‌سازی شده بر ویژگی‌های بیوشیمیایی از جمله رنگدانه‌های کلروفیل، کربوهیدرات و پرولین در گونه‌ی بلوط ایرانی نشان داد یکی از عوامل زوال بلوط در زاگرس، پدیده‌ی گرد و غبار است. (فرشاد و همکاران، ۱۳۹۷). کرکی بودن برگ‌های بلوط سبب شـده گـرد و خاک به راحتی جذب و روزنه‌های برگ‌ها بسته شود. در نتیجه، فعالیت فیزولوژیک درختان مختل می‌شـود و از بـین می‌رود (Moradi et al., ۲۰۱۷). بنابراین گرد و غبار علاوه برکاهش شدت نور، با بستن منافذ روزنه‌ها در روند طبیعی تبادلات گـازی اخـتلال ایجـاد می‌کند (Boochani & Fazeli, ۲۰۱۱).

زوال جنگل، برآیند تأثیر متقابل خشکسالی و یخبندان‌های زودهنگام، سن درختان، کیفیت رویشگاه، آفات و بیماری‌ها و پدیده گرد و غبار است. بلوط ایرانی در شرایط رویشگاهی طبیعی جنگل‌های زاگرس، قابلیت زیادی در حفظ و نگهداشت ذرات گرد و غبار دارد، به‌طوریکه شرایط طبیعی گرد و غبار سبب ایجاد تنش در این گونه نمی‌شود (Manouchehri et al., ۲۰۲۱). افزایش رخداد طوفان‌های گرد و غبار به‌ویژه درکشورهای همسایه باعث شد، افزایش ورود گرد و غبار به ناحیه رویشی زاگرس یکی از عوامل تسهیل‌گر زوال درختان باشد و با فعال کردن جمعیت قارچی، سبب افزایش احتمال زوال درختان یا تشدید این پدیده شود (Hosseini et al., ۲۰۱۷). ارزیابی برخی فلزات سنگین در ریزگردها و روند جذب آنها توسط برودار رویشگاه ملەسیاه ایلام نشان داد که طوفان‌های گرد و غبار عناصر سنگین به‌همراه دارند و این عناصر از طریق برگ و ریشه برودار جذب می‌شوند. این عامل می‌تواند در کاهش مقاومت درختان برودار در برابر عوامل تنش‌زای دیگر ازجمله تغییرات آب و هوایی، خشکسالی، هجوم آفات و چرای دام نقش داشته باشد (Nouri et al., ۲۰۱۵). سنجش عناصر سنگین در برگ درختان سالم و خشکیده‌ی بلوط ایرانی در منطقه‌ی جنگلی هلن استان چهارمحال و بختیاری نشان داد که تنش ناشی از جذب عناصر سنگین یکی از عامل‌های زوال بلوط است (Jahanbazy Goujani et al., ۲۰۱۸). بررسی تأثیر گرد و غبار شبیه‌سازی شده بر رشد چوب و روزنه برگ نهال‌های بلوط ایرانی نشان داد که طوفان گرد و غبار تأثیر زیادی بر رشد نهال دارد و می‌تواند تشکیل چوب را محدود کند (Naji, & Taherpour, ۲۰۱۹)

پدیده زوال بلوط معضلی جهانی است و در کشورهای مختلف دنیا به دلایل مختلف رخ داده است با وجودی که عامل تغییر اقلیم در تمام کشورها ممکن است مشترک باشد اما عامل گرد و غبار تنها در برخی کشورها بویژه ایران یکی از عوامل اصلی است. در گذشته پدیده گرد و غبار در اکوسیستم زاگرس و به‌ویژه در منطقه مورد مطالعه این تحقیق وجود داشته است اما به دلیل فراوانی و شدت کم توسط درختان پالایش شده است اما در دو دهه اخیر فراوانی و شدت آن زیاد شده است و با کمک سایر عوامل بر شدت پدیده زوال افزوده است. در این تحقیق هدف شناسایی و روند تغییرات رخدادهای گرد و غبار با توجه به غلظت و شدت آنها براساس میدان دید افقی و شناسایی منشاء و مسیر ورود گرد و غبار به سایت‌های پایش زوال در استان چهار محال بختیاری است. در برخی مطالعات مربوط به زوال زاگرس به پدیده گرد و غبار اشاره شده است اما فراوانی و شدت رخدادها و مسیر و منشاء آنها به منطقه در مطالعات قبلی انجام نشده است. شناسایی فراوانی و شدت رخداد گرد و غبار و ردیابی مسیر ورود و منابع گرد و غبار موثر بر درختان جنگل مدیران اکوسیتم جنگلی زاگرس را درروش‌های مقابله و سازگاری و مدیریت کمک می‌کند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]

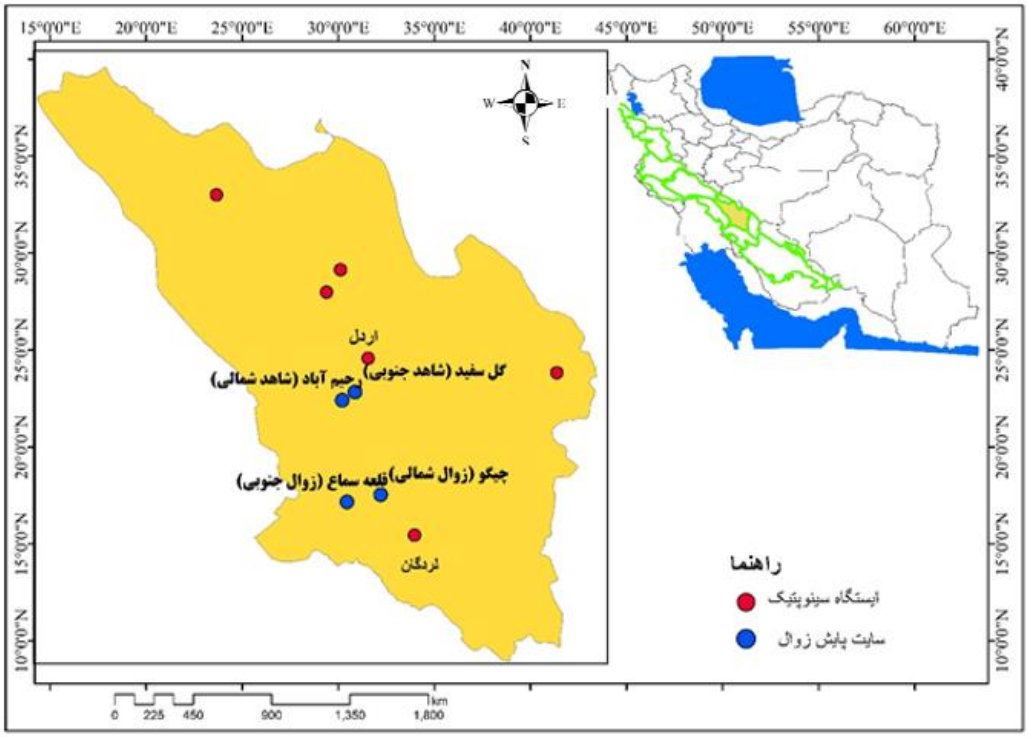
داده ها و روش کار

- **قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه**

وسعت استان چهارمحال و بختیاری یک میلیون و ۶۵۳ هزار هکتار است که بیش از ۸۰ درصد از ۳۳۰ هزار هکتار عرصه جنگلی آن را که به صورت نواری از کوه‌های بازفت در شهرستان کوهرنگ آغاز و به سمت کوه‌های فلارد در شهرستان لردگان کشیده می‌شود؛ ۸۰ درصد از گونه‌های درختی را بلوط تشکیل می‌دهد. با توجه به وسعت جنگل‌های بلوط، چهار سایت پایش زوال در این استان جهت مطالعه انتخاب شده است؛ سایت پایش زوال چیگو دامنه شمالی در ارتفاع ۱۹۹۰ متر و سایت پایش زوال قلعه سماع دامنه جنوبی در ارتفاع ۱۶۱۷متر از سطح دریا در نزدیکی ایستگاه سینوپتیک لردگان و سایت پایش زوال رحیم‌آباد دامنه شمالی در ارتفاع ۱۸۵۳متر و سایت پایش زوال گل سفید دامنه جنوبی در ارتفاع ۱۷۶۴متر از سطح دریا در نزدیکی ایستگاه سینوپتیک اردل جهت پایش رخداد و مسیر ورود گرد و غبار در محدوده سایت‌های پایش زوال انتخاب شد (شکل۱).

جدول۱- مشخصات سایت های پایش زوال زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری

ردیف	سایت پایش	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع	نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک	میانگین بارش	میانگین دمای حداکثر	میانگین دمای حداقل
۱	چیگو	۳۱.۶۱	۵۰.۷۱	۱۹۹۰	۱۷ کیلومتری لردگان	۵۷۳	۲۱	**۶/۵**
۲	قلعه سماع	۳۱.۵۹	۵۰.۶۰	۱۶۱۷	۲۴ کیلومتری لردگان	۵۷۳	۲۱	**۶/۵**
۳	رحیم‌آباد	۳۱.۸۸	۵۰.۵۷	۱۸۵۳	۱۴ کیلومتری اردل	۶۳۳	۱۹/۸	**۶**
۴	گل سفید	۳۱.۹۰	۵۰.۶۱	۱۷۶۴	۱۰ کیلومتری اردل	۶۳۳	۱۹/۸	**۶**



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]

- **روش کار**

به منظور بررسی رخداد گرد و غبار در محدوده سایت‌های پایش زوال زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری از آمار و داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک به سایت‌های پایش زوال استفاده شد. با توجه به طول دوره آماری موجود برای ایستگاه سینوپتیک لردگان دوره زمانی ۲۰۱۹-۱۹۹۵ و برای ایستگاه سینوپتیک اردل دوره زمانی ۲۰۱۹-۲۰۰۹ در نظر گرفته شد. برای این هدف از داده‌های ساعتی رخداد گرد و غبار استفاده شده است. گرد و غبار، یک پدیده اقلیمی است که توسط کدهای هواشناسی ثبت و گزارش می‌شود، کدهای مربوط به رخداد گرد و غبار، از بین ۱۰۰ کد پدیده (۰-۹۹)، استخراج شد (جدول۲). گرد و غبار با منشاء داخلی با کد ۰۷ و با منشاء خارجی با کد ۰۶ از هم تفکیک شد. رخداد گرد و غبار در میدان دید افقی کمتر از ۹۰۰۰ متر رخ می‌دهد. کم شدن میدان دید افقی ممکن است به دلیل وقوع بارش و مه نیز باشد؛ بنابراین همزمان داده‌ها براساس این دو پدیده نیز فیلتر شدند. به منظور بررسی شدت رخداد گرد و غبار در سایت‌های پایش زوال میدان دید افقی مربوط به هر رخداد گرد و غبار استخراج شد. میدان دید افقی ۱۰۰و ۲۰۰ متر به‌عنوان رخدادهای گرد و غبار فوق بحرانی، میدان دید افقی ۲۰۰-۱۰۰۰ متر به‌عنوان رخدادهای بحرانی در نظر گرفته شد. در نهایت روند تغییرات کل رخدادهای گرد و غبار در طول دوره مورد مطالعه ترسیم و تحلیل شد.

جدول ۲ کدهای هواشناسی مربوط به ثبت و گزارش رخداد پدیده گرد و غبار(سازمان هواشناسی کشور)

کد پدیده	پدیده گرد و غبار	شرح پدیده
۶	گرد و خاک معلق	گرد و خاک معلق در هوا که در اثر طوفان شن و خاک نقاط خارج از ایستگاه به ایستگاه آمده است.
۷	گرد و خاک	گرد و خاک یا شنی که به وسیله باد در ایستگاه و یا در نزدیکی آن در ساعت دیدبانی بلند شده است.
۸	گردباد	گردبادهای تکامل یافته در خود ایستگاه یا اطراف آن
۹	طوفان	طوفان گرد و خاک در ساعت دیدبانی در اطراف ایستگاه
۳۰	طوفان	طوفان ملایم یا متوسط گرد و خاک یا شن - طی ساعت گذشته از شدت طوفان کاسته شده است
۳۱	طوفان گرد و خاک با ماسه ملایم	طوفان ملایم یا متوسط گرد و خاک یا شن - طی ساعت گذشته شدت طوفان تغییری نکرده است
۳۲	طوفان گرد و خاک با ماسه ملایم	طوفان ملایم یا متوسط گرد و خاک یا شن - طی ساعت گذشته بر شدت طوفان افزوده شده است
۳۳	طوفان گرد و خاک با ماسه شدید	طوفان شدید گرد و خاک یا شن- طی ساعت گذشته از شدت طوفان کاسته شده است
۳۴	طوفان گرد و خاک با ماسه شدید	طوفان شدید گرد و خاک یا شن- طی ساعت گذشته شدت طوفان تغییری نکرده است
۳۵	طوفان گرد و خاک با ماسه شدید	طوفان شدید گرد و خاک یا شن - طی ساعت گذشته بر شدت طوفان افزوده شده است

- **نمودار گلغبار و نرم افزار WRPLOT**

از آن‌جایی که باد به عنوان نیروی محرکه و منتقل‌کننده گرد و غبار است یکی از روش‌های بررسی ورود مسیرجهت باد ترسیم گلباد است، گلباد نموداری است که سرعت، جهت و تواتر بادهای یک مکان معین را با استفاده از یک دستگاه مختصات مرکزی نشان می‌دهد. از این نمودار می‌توان برای اهداف مختلف استفاده کرد؛ اگر برای ترسیم نمودار گلباد فقط سمت و سرعت بادهایی که همرا

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]

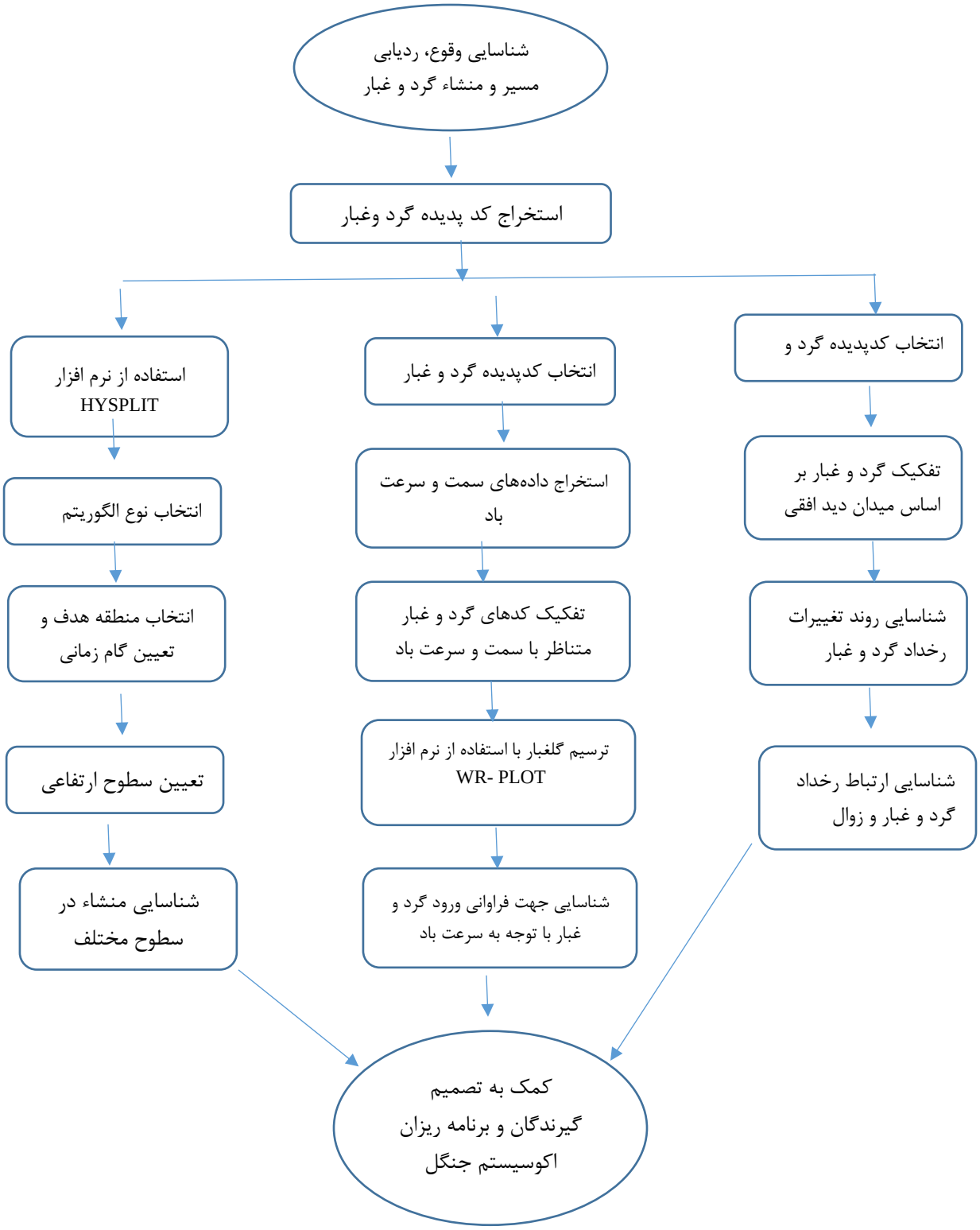
با گرد و غبار هستند مورد استفاده قرار گیرد، گلغبار نامیده می‌شود و اگر سمت و سرعت بادهایی که به سرعت طوفان یعنی بیش از ۱۵ متر بر ثانیه و دید افقی کمتر از یک کیلومتر برسد مورد استفاده قرارگیرد، گل‌طوفان و اگر بادهایی را که همراه با حرکت ماسه‌های روان است را تفکیک کنند، گل ماسه می‌نامند. در این تحقیق به منظور بررسی مسیر ورود گرد و غبارها به سایت‌های پایش زوال با استفاده از داده‌های بادغبار اقدام به ترسیم گلغبار شد. برای ترسیم گلغبار از نرم‌افزار WR- PLOT استفاده شد. نرم‌افزار WR-PLOT دارای قابلیت‌های بسیار کارآمدی در ترسیم سمت و سرعت باد از ۸ تا ۳۶ جهته بصورت بلندمدت، سالیانه، ماهیانه، روزانه و ساعتی می‌باشد. این نرم‌افزار فرمت‌های خاصی از فایل‌های داده را پشتیبانی می‌کند. به منظور ترسیم گلغبار داده‌های مربوط به سمت و سرعت باد استخراج و سمت و سرعت باد متناظر با روزهای گرد و غباری برای ورود به نرم‌افزار ترسیم گلغبار به فرمت مخصوص این نرم‌افزار تبدیل شد و به این ترتیب فرکانس و شدت وقوع گرد و غبار در محدوده سایت‌های پایش زوال در طی سری زمانی موجود شناسایی و تحلیل شد.

- **مدل ردیابی HYSPLIT**

به منظور ردیابی منشاء گرد و غبار ورودی به منطقه مورد مطالعه از روش شبیه‌سازی مدل HYSPLIT استفاده شد. در میان مدل‌ها و روش‌های شبیه‌سازی گرد و غبار، مدل HYSPLIT به عنوان یک مدل سیستم مبنای کامل در رابطه با شناسایی منبع و نحوه پراکنش ذرات گرد و غبار شناخته می‌شود (Hess and Draxler,۱۹۹۸). مدل HYSPLIT، مدلی دوگانه برای محاسبات مسیر حرکت گرد و غبار، پراکندگی و شبیه‌سازی ته‌نشینی با استفاده از حداقل پارامترهای هواشناسی است که بدلیل بهبود الگوریتم‌های فرارفتی، به روز شدن معادله‌های پایداری و پراکندگی، بهبود رابطه کاربر گرافیکی نسبت به سایر مدل‌های ردیابی قابلیت بهتری دارد. به منظور شناسایی منشاء گرد و غبار ورودی به محدوده سایت‌های پایش زوال در استان چهارمحال و بختیاری شناسایی منشاء و ردیابی آن با استفاده از مدل HYSPLIT سه رخداد گرد و غبار بحرانی با میدان دید افقی کمتر از ۱۰۰۰ متر شبیه‌سازی شد و مسیر و منشاء گرد و غبار موثر بر سایت‌های زوال از ۲۴ ساعت قبل در سه سطح ارتفاعی ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر با استفاده از الگوریتم عقبگرد بررسی شد. به منظور بررسی تاثیرگذاری کانون‌های گرد و غبار خوزستان که در غرب و جنوب غرب سایت‌های پایش زوال بودند، محدوده آنها بر روی نقشه مشخص شد و نقش آنها در شدت رخداد گرد و غبار ورودی به منطقه سایت‌های زوال بررسی و تحلیل شد. با توجه به اینکه رخداد گرد و غبار و مسیر ورود آن می‌تواند یکی از عوامل کمک‌کننده به زوال درختان بلوط زاگرس باشد، شناخت جهت ورود آن می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان اکوسیستم جنگلی زاگرس کمک کند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]



شکل ۲- مراحل انجام تحقیق

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

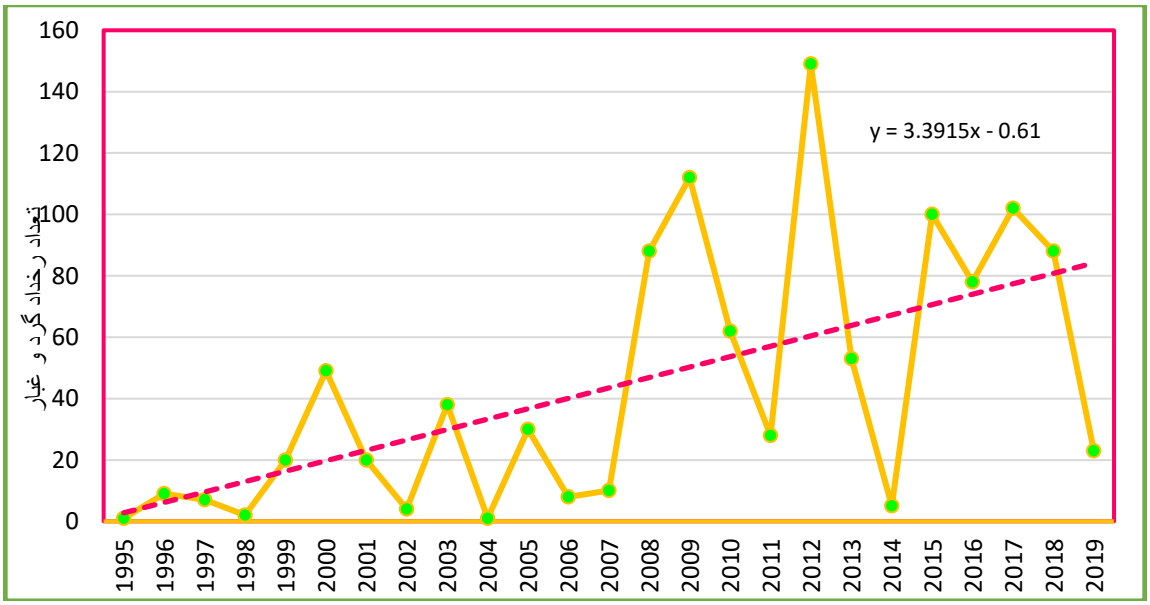
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]

شرح و تفسیر نتایج

بررسی فراوانی رخداد گرد و غبار فوق بحرانی (میدان دید افقی ۱۰۰-۲۰۰ متر) نشان داد در ایستگاه سینوپتیک لردگان در محدوده سایت‌های پایش زوال قلعه سماع و چیگو و در ایستگاه سینوپتیک اردل در محدوده سایت‌های پایش زوال گل سفید و رحیم‌آباد طوفان‌های گرد و غبار با میدان دید افقی ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر رخ نداده است. در ایستگاه سینوپتیک لردگان در محدوده سایت‌های پایش زوال قلعه سماع و چیگو فراوانی رخداد طوفان‌های گرد و غبار با میدان دید افقی۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر بسیار کم است و فقط در چند سال محدود رخ داده است در سال‌های ۱۹۹۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ یک مورد شرایط رخداد دید بحرانی با میدان دید افقی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر رخ داده است. در سال ۲۰۰۵ در ماه آگوست دو رخداد ثبت شده است اما در سال ۲۰۰۹ بیشترین رخداد طوفان گرد و غبار با شرایط بحرانی با ۹ رخداد در ماه جولای رخ داده است. در ایستگاه سینوپتیک اردل در محدوده سایت‌های پایش زوال گل سفید و رحیم‌آباد فراوانی رخداد طوفان‌های گرد و غبار با میدان دید افقی ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر بسیار کم است و فقط در سال ۲۰۱۲ رخداد آن ۳ مورد بوده است.

بررسی فراوانی تعداد رخداد کل گرد و غبارها در ایستگاه سینوپتیک لردگان در محدوده سایت‌های پایش زوال قلعه سماع و چیگو نشان داد در طول دوره آماری مورد مطالعه ۸۲ رخداد افزایش داشته است. تا قبل از سال ۲۰۰۸ تعداد رخدادهای گرد و غبار کمتر از ۴۰ رخداد بوده است اما از این سال بر تعداد رخدادها افزوده شده است و در سال ۲۰۱۹ به دلیل رخداد بارش‌های مناسب در کل منطقه منشاء ورود گرد و غبارها به منطقه مورد مطالعه، از تعداد آن کاسته و تقریبا به ۲۳ رخداد رسیده است. بیشترین تعداد رخداد گرد و غبار در سال ۲۰۱۲ در حدود ۱۴۹ رخداد بوده است (شکل۳).

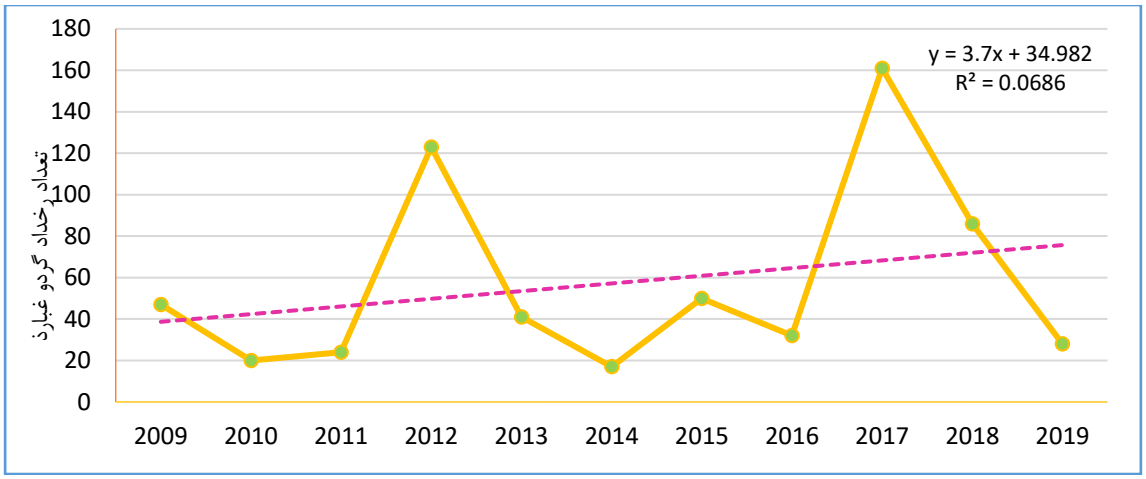
بررسی فراوانی رخداد کل گرد و غبار در ایستگاه سینوپتیک اردل در محدوده سایت‌های پایش زوال گل سفید و رحیم‌آباد نشان داد بیشترین فراوانی رخداد گرد و غبار در سال ۲۰۱۷، ۱۶۱ رخداد و در سال ۲۰۱۲، ۱۲۳ رخداد، بوده است (شکل۴).



شکل۳-فراوانی رخداد کل گرد و غبارها در ایستگاه سینوپتیک لردگان

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

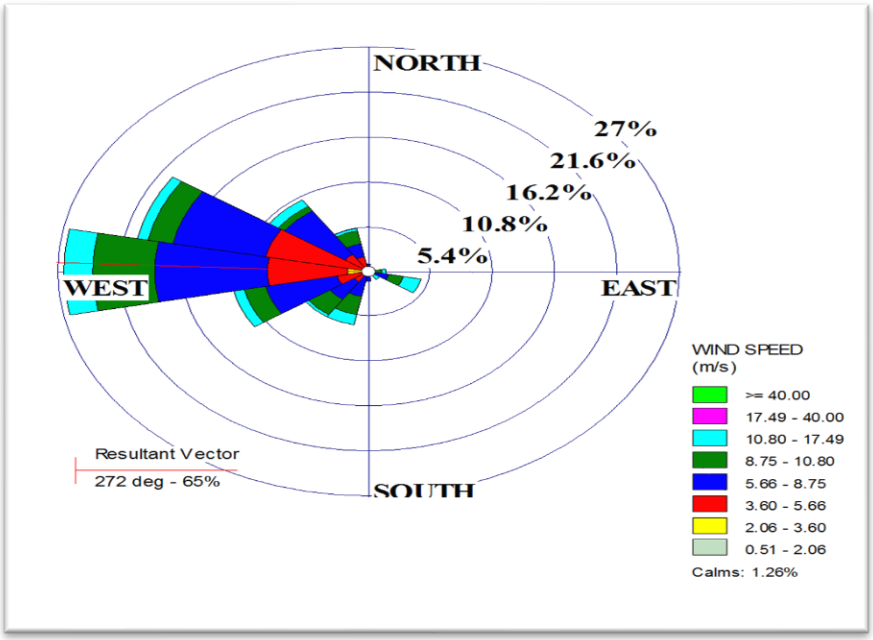
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]



شکل۴-فراوانی رخداد کل گرد و غبارها در ایستگاه سینوپتیک اردل

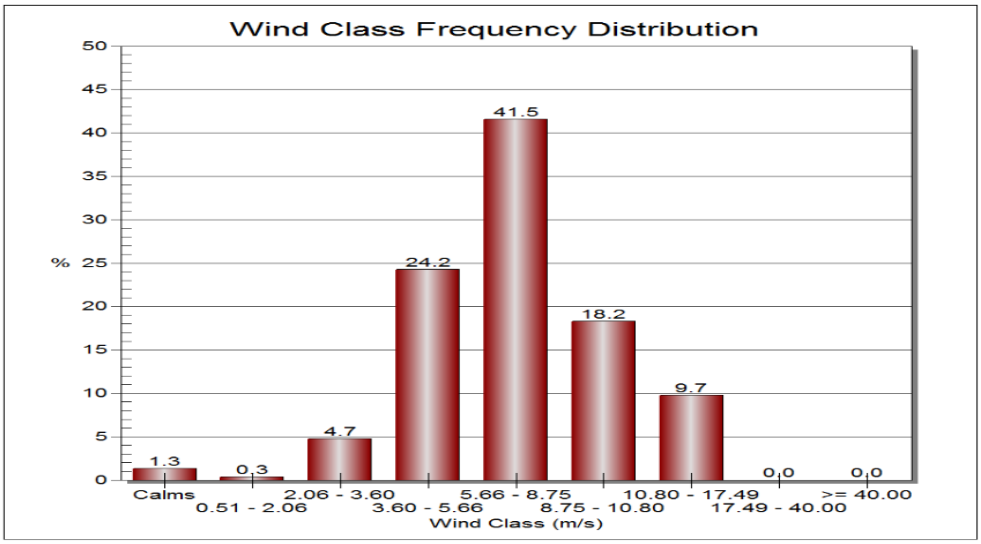
- **بررسی مسیر ورود گرد و غبار به ایستگاه های پاش زوال چیگو و قلعه سماع**

بررسی سمت و سرعت گلغبار در ایستگاه سینوپتیک لردگان نشان داد که جهت غالب ورود گرد و غبار از سمت غرب به سایت پایش زوال قلعه سماع و چیگو بوده است. بعد از جهت غرب، جهت جنوب غرب و شمال غرب به ترتیب اهمیت مسیر ورود گرد و غبار به منطقه هستند (شکل۵). برسی توزیع فراوانی کلاس طبقات سرعت باد نشان داد درصد باد آرام بسیار کم است و گرد و غبارها بیشتر در شرایط سرعت باد بیش از ۶ متر بر ثانیه رخ داده اند به طوری که ۹۳/۶ درصد از رخداد گرد و غبارها در شرایط باد با سرعت بین ۶ تا ۱۷ متر بر ثانیه بوده است (شکل۶).



شکل۵- گلغبار بلندمدت ایستگاه سینوپتیک لردگان ۱۹۹۵-۲۰۱۹

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]



شکل ۶- توزیع فراوانی طبقات بادغبار به متر بر ایستگاه سینوپتیک لردگان ۱۹۹۵-۲۰۱۹

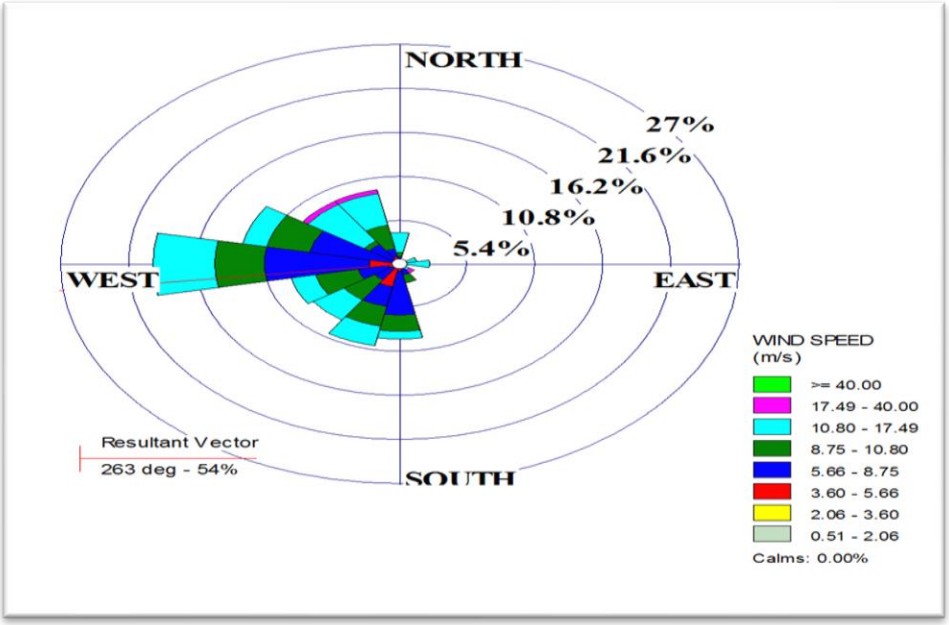
- **بررسی مسیر ورود گرد و غبار به ایستگاه های پاش زوال گل سفید و رحیم‌آباد**

بررسی سمت و سرعت گلغبار در ایستگاه سینوپتیک اردل نشان داد که جهت غالب ورود گرد و غبار از سمت غرب به سایت پایش گل سفید و رحیم‌آباد می‌باشد. بعد از جهت غرب، جهت جنوب وجنوب غرب و شمال غرب به ترتیب اهمیت مسیر ورود گرد و غبار به منطقه هستند (شکل۷). برسی توزیع فراوانی کلاس طبقات سرعت باد نشان داد که هیچ رخداد گردو غباری در شرایط باد آرام رخ نداده است. درصد باد آرام بسیار کم است و گرد و غبارها بیشتر در شرایط سرعت باد بیش از ۶ متر بر ثانیه رخ داده‌اند به‌طوری‌که ۸۹/۶۲ درصد از رخداد گرد و غبار ها در شرایط باد با سرعت بین ۶ تا ۱۷ متر بر ثانیه بوده است (شکل۸).

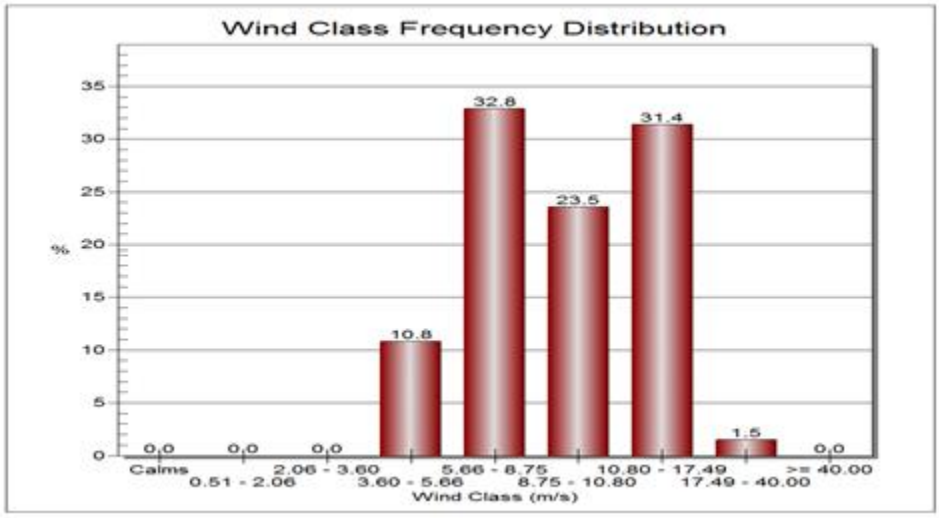
بررسی سمت و سرعت گلغبار در ایستگاه سینوپتیک لردگان و اردل نشان داد که جهت غالب ورود گرد و غبار از سمت غرب به سایت‌های پایش زوال بوده است. بعد از جهت غرب، جهت جنوب و جنوب غرب و شمال غرب به ترتیب اهمیت، مسیر ورود گرد و غبار به منطقه هستند. بنابراین درختان بلوط در دامنه‌های رو به غرب و جنوب و جنوب غرب و شمال غرب بیشتر دچار زوال و خشکیدگی می‌شوند که با نتایج حاصل از مطالعات (حسینی، ۱۳۹۶) که بیشترین مرگ و میر درختان بلوط را در دامنه‌های جنوبی و غربی و جذب بیشتر عناصر سنگین جهت جنوبی نسبت به جهت شمالی در جنگل‌های هلن استان چهار محال (جهانبازی گوجانی و همکاران، ۱۳۹۷) نشان داده‌اند، مطابقت دارد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]



شکل۷- گلغبار بلندمدت ایستگاه سینوپتیک اردل ۲۰۰۹-۲۰۱۹



شکل ۸- توزیع فراوانی طبقات باد به متر بر ایستگاه سینوپتیک اردل ۲۰۰۹-۲۰۱۹

- **منشاء ورود گرد و غبار به سایت‌های پایش زوال زاگرس در استان چهارمحال و بختیاری**

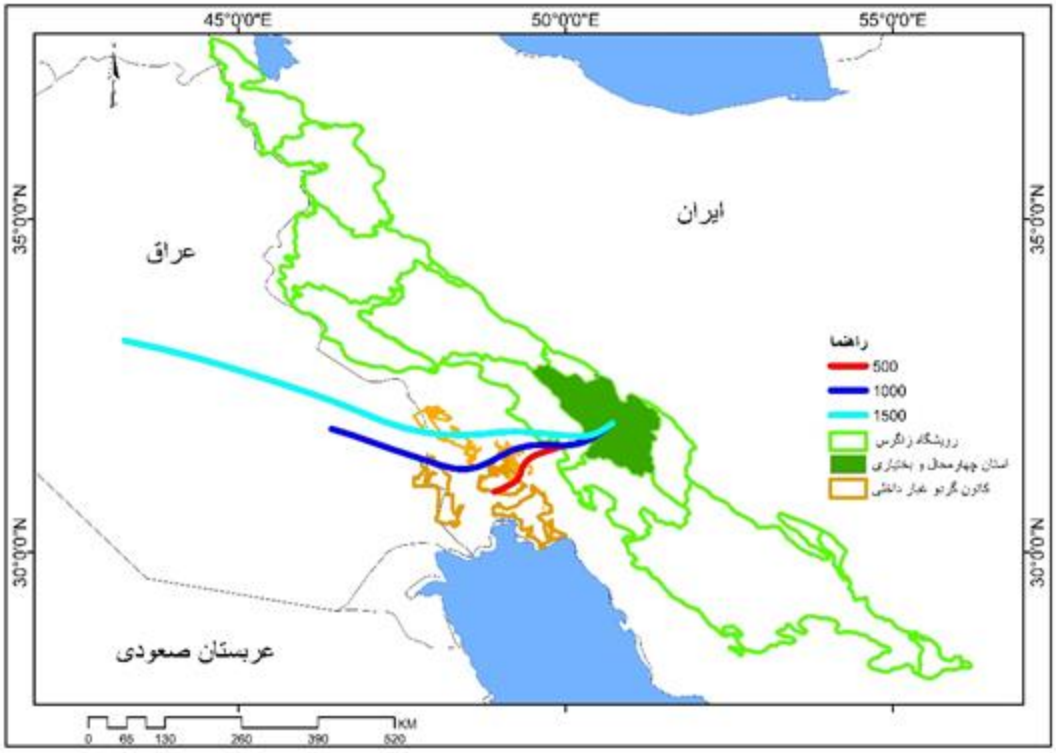
در شکل ۹ ردیابی مسیر ذرات گرد و غبار با استفاده از مدل شبیه‌سازی HYSPLIT نشان داد که در سطوح مختلف ارتفاعی ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر گرد و غبار از سمت غرب وارد منطقه مورد مطالعه شده است. در این طوفان منشاء گرد و غبار در ۲۴ ساعت قبل در سطح ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر در جنوب شرق و مرکز عراق بوده که با حرکت شرق سو از روی منابع گرد و غبار داخلی عبور کرده و تقویت شده است. در سطح ارتفاع ۵۰۰ متری در ۲۴ ساعت گذشته منشاء گرد و غبار کانون جنوب شرق اهواز در استان خوزستان بوده است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]

در شکل۱۰ ردیابی مسیر ذرات گرد و غبار با استفاده از مدل شبیه‌سازی HYSPLIT نشان داد که در سطوح مختلف ارتفاعی ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر گرد و غبار از سمت جنوب غرب وارد منطقه مورد مطالعه شده است. در این طوفان منشاء گرد و غبار در ۲۴ ساعت قبل در سطح ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر در شمال شرق عربستان بوده که با حرکت جنوب غرب به شمال شرق و با حرکت از روی کانون گرد و غبار داخلی امیدیه –ماهشهر و هندیجان عبور کرده و تقویت شده است. در سطح ارتفاع ۵۰۰ متری در ۲۴ ساعت گذشته منشاء گرد و غبار جنوب شرق عراق بود و از روی کانون‌های گرد و غبار داخلی بویژه جنوب خرمشهر و امیدیه –ماهشهر و هندیجان عبور کرده است.

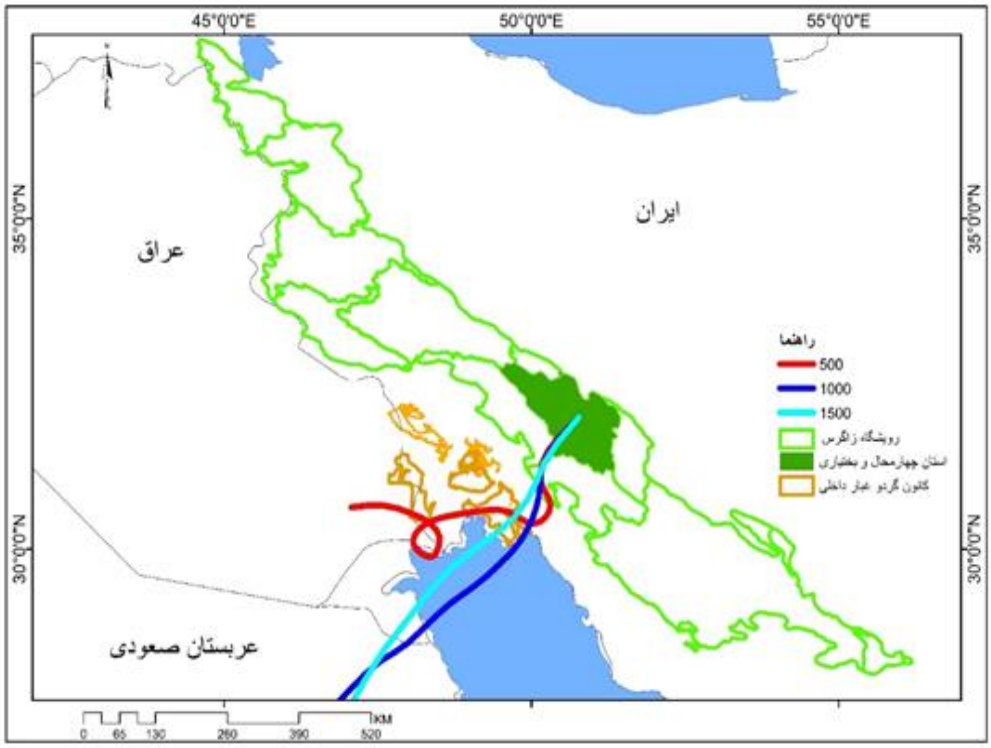
در شکل۱۱ ردیابی مسیر ذرات گرد و غبار با استفاده از مدل شبیه‌سازی HYSPLIT نشان داد که در سطوح مختلف ارتفاعی ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر از سمت شمال غرب وارد منطقه مورد مطالعه شده است منشاء این طوفان گرد و غبار در ۲۴ ساعت قبل در سطح ۵۰۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ متر در شرق و مرکز عراق بوده که با حرکت شمال غرب – جنوب شرق وارد منطقه مورد مطالعه شده است.

منشاءیابی سه رخداد طوفان گرد و غبار در محدوده سایت‌های پایش زوال نشان داد که منشاء طوفان‌های گرد و غبار ورودی در ۲۴ ساعت قبل از رخداد طوفان در کشور عراق و عربستان بوده و مسیرهای ورودی غرب و جنوب غرب از روی کانون‌های گرد و غبار و گرد و غبار ناشی از کانون‌های داخلی به علت نزدیکی از غلظت و ذرات بیشتری برخوردار بوده و چه بسا اثرات مخرب بیشتری دارند. از سال ۲۰۰۸ که بر تعداد رخدادهای گرد و غبار داخلی افزوده شده پدیده زوال نیز شدت بیشتری گرفته و روز به روز بر وسعت پدیده زوال افزوده می‌شود (پورهاشمی و صادقی،۱۳۹۹).

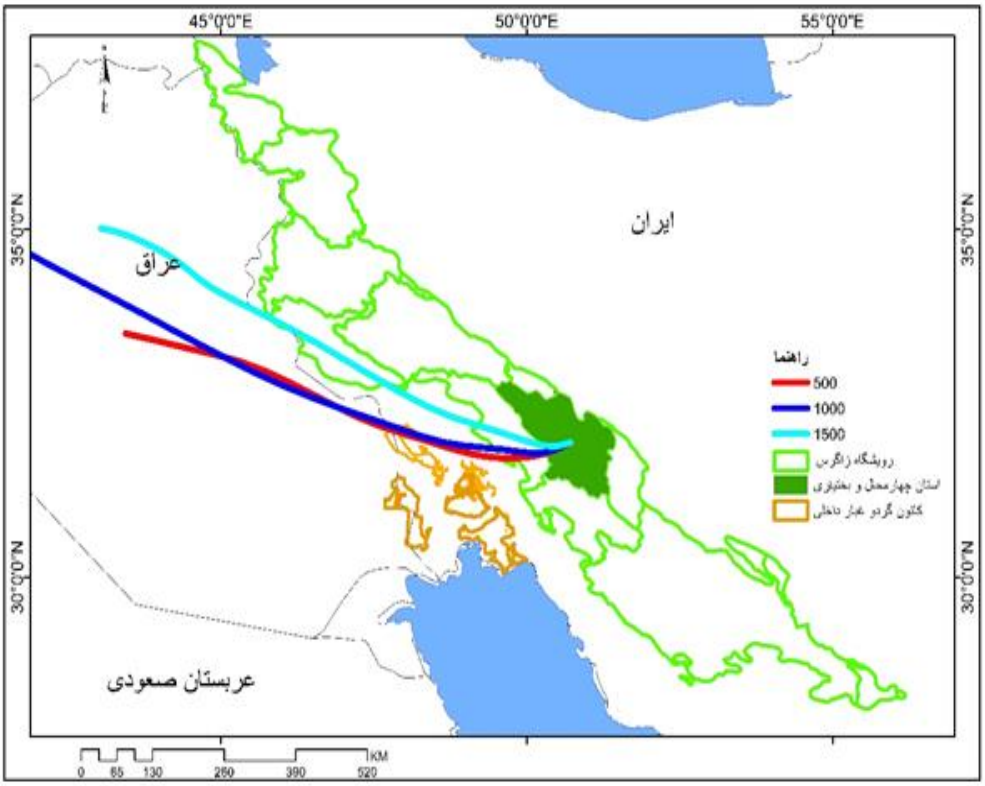


شکل۹- منشاء و مسیر ورود ذرات گرد و غبار به جنگل‌های زاگرس استان چهارمحال و بختیاری از سمت غرب ۲۰۱۲/۰۴/۲۱

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]



شکل۱۰- منشاء و مسیر ورود ذرات گرد و غبار به جنگل‌های زاگرس استان چهارمحال و بختیاری از سمت جنوب غرب۲۰۱۲/۰۵/۲۳



شکل۱۱- منشاء و مسیر ورود ذرات گرد و غبار به جنگل‌های زاگرس استان چهارمحال و بختیاری از سمت شمال غرب ۲۰۰۹/۰۷/۰۵

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]

نتیجه‌گیری

منطقه مورد مطالعه در مسیر عبورر جریان سیستم‌های سودانی و بادهای باران‌آور غربی می‌باشد. این سیستم‌های ورودی در صورت عدم دسترسی به رطوبت کافی و فقر رطوبتی با خود گرد و غبار حمل کرده و با عبور از روی کانون‌های گردغبار داخلی به‌ویژه در استان خوزستان که معمولا در غرب و جنوب غرب منطقه مورد مطالعه هستند، تقویت می‌شوند. سایت‌های پایش زوال در استان چهارمحال و بختیاری بخشی از اکوسیستم زاگرس هستند که به عنوان یک سد طبیعی در برابر گرد و غبار ورودی از کشورهای همسایه به‌ویژه عراق و عربستان عمل می‌کند بنابراین همانطور که بررسی کدهای گرد و غباری در این تحقیق نشان داد در منطقه مورد مطالعه کانون گرد و غبار با منشاء داخلی وجود ندارد و گرد و غبارهای رخ داده دارای منشاء خارجی هستند. بررسی فراوانی تعداد رخداد کل گرد و غبارها در محدوده سایت‌های پایش زوال نشان داد تا قبل از سال ۲۰۰۸ کمتر از ۴۰ رخداد بوده است اما از این سال بر تعداد رخدادها افزوده شده است. برسی توزیع فراوانی کلاس طبقات سرعت باد نشان داد درصد باد آرام بسیار کم است و گرد و غبارها بیشتر در شرایط سرعت باد بیش از ۶ متر بر ثانیه رخ داده‌اند؛ بنابراین منطقه مورد مطالعه بیشتر منطقه گذر گرد و غبار است تا فرونشست آن، در غیر این صورت در شرایط هوای آرام برگ‌های کرک‌دار درختان بلوط فرصت بیشتری برای جذب ذرات گرد و غبار داشته و آسیب بیشتری می‌دیدند.

طوفان‌های گرد و غبار بطور فزاینده‌ای اکوسیستم جنگلی در غرب ایران را تهدید می‌کنند. بلوط ایرانی که گسترده‌ترین درخت در جنگل‌های زاگرس است، تحت تأثیر طوفان‌های گرد و غبار غربی، بیشتر با منشاء عراق، قرار گرفته است (Boloorani et al., ۲۰۲۰). پس از عراق، کشور عربستان مهمترین منشاء گرد و غبار ورودی به اکوسیستم زاگرس از سمت جنوب و جنوب غرب است به طوری که در زاگرس دامنه‌های جنوبی و غربی بیشتر مستعد خشک شدن شدید جنگل هستند (کوه سلطانی، ۱۳۹۷) که می‌تواند یکی از مهمترین دلایل آن مسیر ورود گرد و غبار از کشورهای همسایه و منابع داخلی از سمت غرب و جنوب باشد. قرارگیری کانون‌های گرد و غبار داخلی در استان خوزستان درغرب سایت‌های زوال چیگو و قلعه سماع و در جنوب غرب سایت‌های گل سفید و رحیم آباد، علاوه بر تاثیرپذیری از کانون‌های گرد و غبار خارجی بر شدت و غلظت گرد و غبار ورودی به آنها می‌افزاید. بنابراین علاوه بر تلاش برای کاهش گرد و غبار ورودی از کشورهای همسایه از طریق دیپلماسی، کنترل ریزگرد کانون‌های گرد و غبار داخلی می‌تواند در روند شدت زوال درختان این بخش از زاگرس موثر باشد.

منابع

احمدی ملاوردی, مجید؛ ایرج جباری و امان اله فتح نیا .۱۳۹۹. شناسایی، ارزیابی و مدیریت خاستگاه های گردوغبار در غرب ایران. پژوهش های جغرافیای طبیعی. **۵۳(۳)**: ۴۶۵-۴۴۵.

انصاری, امیر و رضا جمشیدی. ۱۳۹۷. شناسایی چشمه‌ها و ردیابی مسیرهای ورود توفان‌های گردوغبار از منابع داخلی به کلان‌شهر اراک با استفاده از مدل HYSPLIT . *فصلنامه علوم محیطی*، **۱۶**: *۱۰۱-۱۱۰*.

پورهاشمی مهدی و سید محمد معین صادقی. ۱۳۹۹. مروری بر علل بوم‌شناختی پدیده زوال بلوط در جنگل‌های ایران. *بوم شناسی جنگل های ایران*، **۸** :۱۶۴-۱۴۸.

جهانبازی, حسن؛ یعقوب ایران‌منش، محمود طالبی، حمزه علی شیرمردی، عبدالمحمد محنت کش، مهدی پورهاشمی و محسن حبیبی. ۱۳۹۷. سنجش عناصر سنگین در برگ درختان سالم و خشکیدهٔ بلوط ایرانی (Quercus brantii Lindl.) در منطقهٔ جنگلی هلن استان چهارمحال و بختیاری .*نشریه جنگل و فرآورده های چوب*، **۷۱**: *۸۱-۷۱*.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]

حجازی زاده زهرا؛ میثم طولابی نژاد، زهرا زارعی چقابلکی و بهزاد امرایی. ۱۳۹۷. پایش طوفان گردوغبار در نیمه غربی ایران مطالعه موردی: طوفان گردوغبار ۱۶ تا ۱۹ ژوئن ۲۰۱۵. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، **۵** :۱۲۴-۱۰۷.

حسینی, احمد. ۱۳۹۶. تغییرات نیتروژن و فسفر در درختان بلوط ایرانی و خاک توده‌های دچار خشکیدگی در ایلام. *نشریه جنگل و فرآورده های چوب*، **۷۰(۲)**: ۲۳۱-۲۴۰.

روحانی, نیما؛ طاهر رجایی، برات مجردی, احسان جباری, مهران حیدری بنی و سید احمد شفیعی دارابی. ۱۴۰۰. بررسی رخدادهای گردوغبار در استان قم با مدل رقومی و مطالعه کاربری اراضی منشأ آنها با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای . *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، **۱**:۲۱-۲۸.

ریوندی, امیر؛ مجید میررکنی و امیر محمدیها. ۱۳۹۲. بررسی تشکیل و انتشار طوفان‌های گرد و خاک ورودی به غرب و جنوب‌غرب ایران با استفاده از مدل پخش لاگرانژی ذرات HYSPLIT . *پژوهش های اقلیم شناسی*، **۱۳**: ۱-۱۶.

صلاحی, برومند؛ احمد نوحه گر و محمود بهروزی. ۱۳۹۸. ردیابی منابع گرد و غبار سطوح مختلف جو سنندج با استفاده از مدل HYSPLIT به منظور مدیریت مخاطرات محیطی .*فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه ای*، **۹**: ۸۳-۹۵.

عزیزی, قاسم؛ علی اکبر شمسی پور مرتضی میری و طاهر صفرراد. ۱۳۹۱. تحلیل آماری - همدیدی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران .*محیط شناسی*، **۳۸**: ۱۳۴-۱۲۳.

فرشاد فرشاد؛ حمیدرضا ناجی، مسعود بازگیر و مصطفی نادری. ۱۳۹۷. تأثیر گرد و غبار در شرایط بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی بلوط ایرانی Quercus brantii Lindl.پژوهش های فرسایش محیطی، **۸**: ۷۳-۵۹.

کیخسروی, قاسم و محبوبه حاصلی. ۱۳۹۶. شبیه سازی خط سیر چند نمونه از طوفان های گرد و غبار شدید استان کرمانشاه از دیدگاه همدید و مدلHYSPILT . *جغرافیای طبیعی*، **۱۰**: ۵۹-۸۲.

کوه سلطانی, شیوا؛ علی اصغر آل شیخ, باقر قرمزچشمه و سعید مهری. ۱۳۹۷. بررسی پتانسیل خشکیدگی جنگل‌های بلوط زاگرس با استفاده از GIS, RS و روشFuzzy – AHP . *مجله علمی و پژوهشی اکوهیدرولوژی*، **۵**: ۷۲۵-۷۱۳.

منوچهری, کژال؛ محمدرضا کاوسی, مهدی پورهاشمی و منوچهر بابا نژاد. ۱۳۹۹. ارزیابی اثر گردوغبار و بیماری زغالی بلوط بر مشخصه‌های زیستی بلوط ایرانی (Quercus brantii Lindl.) در استان ایلام .*تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، **۲۸**: ۴۰۸-۳۹۷.

نوری, الهام؛ محمد متینی زاده، علیرضا مشکی, طاهره انصافی مقدم و محمد رحیمی. ۱۳۹۴. ارزیابی برخی فلزات سنگین در ریزگردها و روند جذب آنها توسط برودار (Quercus brantii Lindl.) مطالعه موردی: رویشگاه ملەسیاه ایلام .*تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، **۲۳**: ۶۰۵-۶۱۶.

Ahmadi, R., Kiadaliri, H-. Mataji, A., & Kafaki, S. (۲۰۱٤). Oak forest decline zonation using AHP model and GIS technique in Zagros forests of Ilam province. J*ournal of Biodiversity and Environmental Sciences*, **٤(۳):** ۱٤۱-۵۰.

Boloorani, A. D., Ranjbareslamloo, S., Mirzaie, S., Bahrami, H. A., Mirzapour, F., & Tehrani, N. A. (۲۰۲۰). Spectral behavior of Persian oak under compound stress of water deficit and dust storm. International *Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, ۸۸: ۱۰۲۰۸۲.

Boochani, M. H., Fazeli. D. (۲۰۱۱). Environment Challenges and its Consequences Case Study: Dust and its Impact in the West of Iran. *Quarterly of Doctrine of Policy Making*. **۲ (۳):** ۱۲۵-۱٤٦.

Draxler, R. and G.D.Hess. ۱۹۹۸. An overview of the HYSPLIT modelling system for trajectories, dispersion, and deposition. *Australian meteorological magazine*, ٤۷: ۳۸۰-۳۹۵.

Moradi, A., Taheri Abkenar, K., Afshar Mohammadian, M., Shabanian, N. (۲۰۱۷). Effects of dust on forest tree health in Zagros oak forests, *Environmental Monitoring Assessment*, ۱۸۹: ٥٤۹-٥٥۹.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]

Naji, H., Taherpour, M. (۲۰۱۹). The effect of simulated dust storm on wood development and leaf stomata in Quercus brantii L. *Desert*, **۲٤(۱)**: ٤۳-٤۹.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.6.4]