

ارزیابی تاثیرات گرد و غبار روی رفتار طیفی گیاهان با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدوری

مهرنوش قدیمی^{۱*}، امین زارع^۲، معصومه مقبل^۱، محمودرضا صاحبی^۳

^۱ استادیار دانشکده جغرافیا - دانشگاه تهران
{ghadimi, moghbel}@ut.ac.ir

^۲ کارشناس ارشد سنجش‌ازدور - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
amin.za1991@gmail.com

^۳ دانشیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
sahebi@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت آبان ۱۳۹۷، تاریخ تصویب اردیبهشت ۱۳۹۸)

چکیده

گرد و غبار به عنوان یکی از عوامل تنش‌زا نقش مهمی در بروز بیماری در گیاه دارد. یکی از روش‌های کاهش هزینه و زمان ارزیابی تاثیر گرد و غبار بر روی گیاهان و نیز جلوگیری از انجام آزمایش‌های مستقیم بر روی گیاه، استفاده از علم سنجش‌ازدور می‌باشد. در این پژوهش سعی شد تا میزان تاثیر گرد و غبار بر روی گیاه مورد بررسی قرار بگیرد. به همین علت جهت تهیه داده‌های مورد نیاز از طیف‌سنجی در شرایط مختلف اندازه‌گیری و تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد و نویز داده‌های طیف‌سنجی مورد استفاده با روش تبدیل موجک کاهش داده شد. با شناسایی باندهایی که گرد و غبار بر روی آنها تاثیر گذار است، شاخص‌های مختلف استخراج و مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بررسی تاثیر گرد و غبار بر روی گیاه با استفاده از این شاخص‌ها شانس کمتری جهت شناسایی شدن دارند. در مرحله‌ی بعد از روش‌های غیرپارامتریک آنالیز طیفی همانند پریودوگرام، ولج و مولتی تیپر به تحلیل تاثیر گرد و غبار بر روی قدرت سیگنال پرداخته شد. تحلیل انجام شده به صورت جداگانه بر روی داده‌های اندازه‌گیری شده در محیط آزمایشگاه و محیط طبیعی بیرون به انجام رسید. دقت بدست آمده برای روش پریودوگرام در محیط آزمایشگاه برابر با ۸۳ درصد و در محیط طبیعی بیرون برابر با ۶۹ درصد، دقت بدست آمده برای روش ولج در محیط آزمایشگاه برابر با ۶۰ درصد و در محیط بیرون برابر با ۹۷ درصد و دقت بدست آمده برای روش مولتی تیپر در محیط آزمایشگاه برابر با ۸۷ درصد و محیط طبیعی بیرون برابر با ۸۸ درصد بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می‌شود که گرد و غبار موجود بر روی گیاه با استفاده از دو روش ولج و مولتی تیپر بهتر قابل شناسایی می‌باشد.

واژگان کلیدی: طوفان‌های گرد و غبار، آنالیز طیفی، تصاویر ماهواره‌ای، شاخص پوشش گیاهی

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

وقوع توفانهای گرد و غبار یکی از مخاطرات مهمی است که در مناطق خشک و نیمه خشک در جهان اتفاق افتاده و زندگی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این پدیده به عنوان یکی از بلایای طبیعی مهم در مناطق خاور میانه، آسیای مرکزی، شرقی، شرق میانه، نواحی مرکزی ایالات متحده، حاشیه بیابان بزرگ صحرا در آفریقا و نیز اقیانوسیه محسوب می‌شود (خوش اخلاق، ۱۳۹۲). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این پدیده یکی از مخرب‌ترین و رایج‌ترین پدیده‌ها در مناطق خشک ایران و جهان به شمار می‌آید که می‌تواند آثار زیانباری بر زندگی انسان و سایر موجودات زنده داشته باشد (امیدوار و امید، ۱۳۹۲). زمانی که در یک منطقه خشکی طولانی مدتی اتفاق بیفتد و سطح خاک کاملاً خشک باشد، با وقوع باد در این منطقه، طوفان‌های بزرگ گرد و غبار رخ می‌دهد (عظیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۱). از جمله فاکتورهای مورد نیاز جهت وقوع پدیده گرد و غبار در منطقه با توجه به نوع فرسایش منطقه، بادهای شدید هستند. بادهای شدید معمولاً دارای انرژی بالایی می‌باشند که هر ساله در مکان و زمان خاصی تکرار می‌شوند. در هنگام وقوع طوفان با توجه به مقدار انرژی باد، خسارات فراوانی به ساختمان‌ها و محصولات کشاورزی وارد می‌شود (امیدوار، ۱۳۸۹). در سال‌های اخیر یکی از مهمترین مسائل زیست‌محیطی به وجود آمده در منطقه خاورمیانه و ایران وقوع پدیده گرد و غبار می‌باشد (زوزلی و همکاران، ۱۳۹۳). این پدیده بر روی عوامل مختلفی از جمله سلامت انسان، گیاهان و سایر موجودات زنده، شرایط اقتصادی و ... تأثیر می‌گذارد.

یکی از عوامل مؤثر در تثبیت خاک و کاهش‌دهنده میزان ذرات گرد و غبار معلق در هوا، وجود پوشش گیاهی به عنوان یکی از عوامل اصلی در چرخه‌ی طبیعی محیط زیست در منطقه است. بنابراین بروز بیماری و تنش در پوشش گیاهی و به دنبال آن از بین رفتن پوشش گیاهی به صورت مستقیم در زندگی انسان و سایر موجودات زنده تأثیرگذار است. به همین دلیل شناسایی عوامل تنش‌زا و تلاش برای پیشگیری از وقوع آن به عنوان یکی از اهداف اصلی پژوهشگران در نظر گرفته می‌شود. گرد و غبار به عنوان یکی از عوامل تنش‌زا نقش مهمی در بروز بیماری در گیاه دارد. از اینرو مطالعات گسترده‌ای در زمینه ارزیابی تأثیر متقابل پدیده‌های گرد و غبار و پوشش گیاهی در

ایران و جهان به انجام رسیده است که از آن میان می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

کی‌آن و همکاران در سال ۲۰۰۴ با مطالعه‌ی طوفان‌های گرد و غبار به این نتیجه دست یافتند که زمین‌های بایر پتانسیل بالایی برای به وجود آوردن ریزگرد دارند. به طور کلی، علاوه بر شرایط محیطی، اقلیم و پوشش گیاهی، فرسایش خاک نیز در بروز این پدیده نقش بسزایی دارند (Qian & et al., 2004). در مطالعه‌ای دیگر، رینالدز و همکاران در سال ۲۰۰۷ به مطالعه‌ی ارتباط بین انتشار گرد و غبار با پوشش گیاهی پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که با افزایش انتشار گرد و غبار خصوصیات سطحی از جمله پوشش گیاهی و رطوبت خاک کاهش پیدا کرده است (Reynolds et al., 2007). کوروساکی و میکامی در سال ۲۰۰۵ در منطقه شرق آسیا به بررسی وقوع گرد و غبار و ارتباط آن با سطح باد پرداختند. آنها در طی این پژوهش به این نتیجه رسیدند که افزایش سرعت باد و کاهش پوشش گیاهی در منطقه موجب افزایش تعداد وقوع گرد و خاک شده است (Kurosaki et al., 2005).

مطالعات کیم و همکاران در سال ۲۰۰۸ درخصوص گرد و غبار در ژاپن نشان داد که بین سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۰۴ تعداد وقوع گرد و غبار در منطقه کاهش پیدا کرده است (Kim et al., 2008). همچنین، شارما و همکاران در سال ۲۰۰۹ با استفاده از مشاهدات ماهواره‌ای به بررسی وقوع گرد و غبار شدید روی شمال شرق هند و ارتباط آن با شرایط هواشناسی در تاریخ ۱۷ مارس سال ۲۰۰۹ پرداختند. آنها در طی این پژوهش به این نتیجه رسیدند که دو ماه قبل از وقوع گرد و غبار در منطقه شرایط آب و هوایی خشک و بدون بارش بوده است. علاوه بر این باد با سرعت بسیار شدید در منطقه رخ داده است (Sharma et al., 2009). مطالعات شامایلا و همکاران در سال ۲۰۱۵ بر روی اثر گرد و غبار بر روی گیاه پنبه در شمال غرب چین نشان داد که ۲۸ درصد عملکرد و ۳۰ درصد هدایت روزنه نمونه دارای گرد و غبار نسبت به نمونه بدون گرد و غبار، کاهش پیدا کرده است. که این نتیجه بیانگر این موضوع است که روزنه‌های بالایی برگ توسط گرد و غبار مسدود شده است (Shamaila et al., 2015).

علاوه بر این، در ایران نیز پژوهش‌هایی در زمینه ارتباط بین وقوع طوفان‌های گرد و غبار و تأثیر بر پوشش گیاهی انجام گرفته است. مطالعات صادقی روش و همکاران در سال

سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۳ را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بدست آمده در این پژوهش نشان داد که تعداد وقوع گرد و غبار با پراکنش پوشش گیاهی دارای ارتباط بوده و کاهش پوشش گیاهی، موجب افزایش تعداد وقوع گرد و غبار در منطقه می-شود (پورهاشمی و همکاران، ۱۳۹۴). براساس مطالعه محمد خانی (۱۳۹۴) در زمینه تأثیر طوفان های گرد و غبار بر رفتار طیفی گیاهان زینتی و صیفی جات مشخص شد که بین گونه-های مورد مطالعه گونه توت فرنگی بیشترین اثرپذیری را از گرد و غبار داشته است. در میان شاخص های باریک باند، زمانی که غلظت تنش و طول مدت استرس جداگانه بررسی شدند شاخص DVI ارتباط قویتری نسبت به دیگر شاخص ها با تنش گرد و غبار نشان داده است و همچنین کمترین میزان خطای میانگین مربعات (نزدیک به صفر) را نیز به خود اختصاص داده است.

از آنجایی که روش های میدانی و آزمایشگاهی جهت آگاهی از وضعیت سلامت پوشش گیاهی یک منطقه اغلب وقت گیر و پرهزینه هستند، به منظور کاهش زمان و هزینه، در چند دهه گذشته برای مطالعات پوشش گیاهی از روش سنجش از دور استفاده شده است. استفاده از این علم این امکان را می دهد تا به مطالعه رفتار پدیده ها در باندهای مختلف از طول موج مرئی تا مادون قرمز پرداخته شود. بنابراین ضرورت تعیین طول موج هایی که گونه های مورد نظر در آنها دارای بازتاب متفاوت و تفکیک پذیری بهتری هستند، مشهود می باشد. لذا، در این پژوهش سعی بر آن شد تا با استفاده از طیفسنجی میدانی و آزمایشگاهی در مدت زمان کوتاه تر و با هزینه ی کمتر به تعیین مناطق وقوع گرد و غبار و تأثیر آن بر روی پوشش گیاهی پرداخته شود. بر اساس، مهمترین اهداف این تحقیق عبارتند از: ۱) بررسی تأثیر گرد و غبار در رفتار طیفی گیاه با استفاده از طیف-سنجی و تصاویر ماهواره ای (۲) بررسی روش های مختلف آنالیز طیفی در شناسایی تأثیر گرد و غبار بر گیاه. و در نهایت هدف تعیین بهترین محدوده طیفی و روش آنالیز تصاویر برای تشخیص تأثیرات گرد و غبار می باشد.

۲- مواد و روش ها

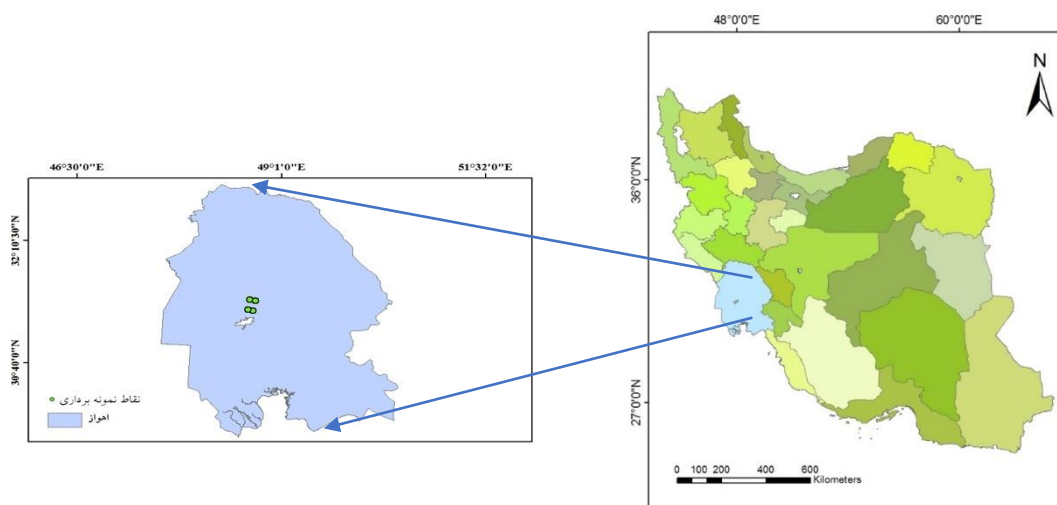
۲-۱- منطقه ی مورد مطالعه

در این پژوهش منطقه ی مورد مطالعه، شهر اهواز در استان خوزستان می باشد. شهر اهواز در محدوده ی

۱۳۸۸ در مورد آثار گرد و غبار ناشی از صنایع سیمان بر تنوع و تراکم پوشش گیاهی نشان داد که بین تنوع و تراکم پوشش گیاهی با رسوب ذرات گرد و غبار خروجی از دودکش های کارخانه همبستگی معکوس برقرار است (صادقی روش و همکاران، ۱۳۸۸). پژوهشی که بهرامی و همکاران در سال ۱۳۹۲ در زمینه تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی و پوشش گیاهی و ارتباط آنها با پدید آمدن طوفان های گرد و غبار انجام دادند نشان داد که تخریب پوشش گیاهی بر فراوانی طوفان های گرد و غبار با منشأ داخلی، استان خوزستان را تحت تأثیر قرار داده و خاک های شور و قلیایی بیشتر از سایر خاک ها سبب بروز طوفان گرد و غبار می شود (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۲). میرزایی (۱۳۹۲) با مطالعه تأثیر ریزگردها بر رفتار طیفی گیاهان استراتژیک نشان داد که از بین شاخص های مورد مطالعه شاخص PVI بیشترین ارتباط ($R_2 = 0.74$) و شاخص طیفی NDVI ($R_2 = 0.65$) کمترین ارتباط را با تعداد روزهای همراه با گردو غبار نشان می دهد (میرزایی، ۱۳۹۲). شریفی و همکاران در سال ۱۳۹۲ به بررسی تأثیر گرد و غبار بر باردهی گیاه ریحان سبز پرداختند. داده های مورد استفاده در این پژوهش شامل وزن گیاه خشک، محتوای کلروفیل و فلورسانس می باشد. نتایج نشان داد که وجود گرد و غبار در گیاه بر محتوای کلروفیل و کارایی فتوسنتز تأثیرگذار بوده است. (شریفی و همکاران، ۱۳۹۲). بهرامی و همکاران در سال ۱۳۹۴ به بررسی بررسی تأثیر ریزگردها در بازتابندگی طیفی تاج پوشش گندم پرداختند. نتایج نشان داد که در کل سه حالت، شاخص PVI ارتباط قویتری ($R_2 = 0.80, RMSE = 0.70$) به نسبت دیگر شاخص ها، با تعداد روزهای گرد و غباری نشان می دهد (بهرامی و همکاران ۱۳۹۴). رنجبر و همکاران در سال ۱۳۹۳ به شبیه سازی و تحلیل عددی طوفان گرد و غبار شدید شرق ایران پرداختند. نتایج مدل نشان داد که منطقه سیستان بخصوص بستر خشک تالاب هامون، چشمه اصلی طوفان گرد و غبار بوده است. همچنین در طول رخداد، با همگرا شدن جریانات شمالی-جنوبی بر روی شرق ایران، ایجاد بادهای شدید در ترازهای زیرین جو، انتشار و افزایش غلظت گرد و غبار و انتقال آنها به نواحی جنوبی تا دریای عمان را دربر داشته است (رنجبر و همکاران ۱۳۹۳). پورهاشمی و همکاران در سال ۱۳۹۴ تأثیر پوشش گیاهی در وقوع گرد و غبار در استان خراسان رضوی بین

استان خوزستان قرار گرفته است. نمایی از این شهر در کشور ایران در شکل (۱) نمایش داده شده است.

جغرافیایی ۳۱ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی می‌باشد. اهواز دارای اقلیم خشک بوده و در ارتفاع ۱۲ متری از سطح دریا در بخش جلگه‌ای



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و تعیین موقعیت نقاط نمونه برداری

گیاه در این حالت نیز توسط طیف‌سنج ثبت شد. در مرحله‌ی بعد میزان خاک بر روی گیاه به میزان ۰,۲ گرم رسیده و عملیات طیف‌سنجی مجدداً به انجام رسید. علاوه بر محیط آزمایشگاه، برای بررسی میزان تاثیر گرد و غبار بر روی گیاه در محیط خارج از آزمایشگاه، این عملیات بر روی گیاه در محیط بیرون نیز به انجام رسید. در محیط طبیعی بیرون نیز گیاه در حالت‌های بدون گرد و غبار، افزایش ۰,۱ گرم گرد و غبار و به همین ترتیب ۰,۲ گرم گرد و غبار به تعداد ۲۰ عدد مورد طیف‌سنجی قرار گرفت و داده‌های حاصل از این طیف-سنجی‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۴-۲- داده‌های ماهواره‌ای

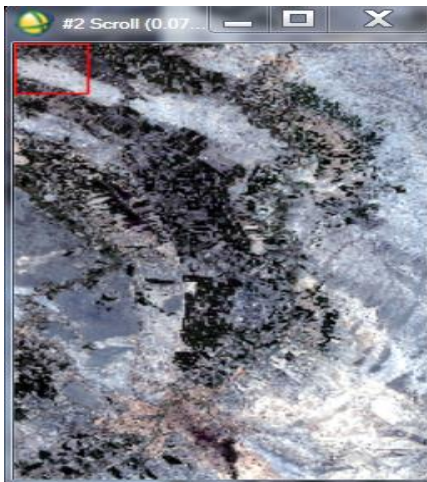
در این پژوهش جهت بررسی شاخص‌های گیاهی مختلف و تاثیر گرد و غبار بر روی باندهای طیفی از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ استفاده شده است. این تصاویر برای زمان قبل و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه اخذ شده است. تصاویر اخذ شده مربوط به دو تاریخ ۲۰۱۶/۰۹/۱۵ و ۲۰۱۶/۱۰/۰۱ می‌باشد. در شکل (۲) نمایی از تصاویر اخذ شده قبل و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه اهواز نمایش داده شده است.

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

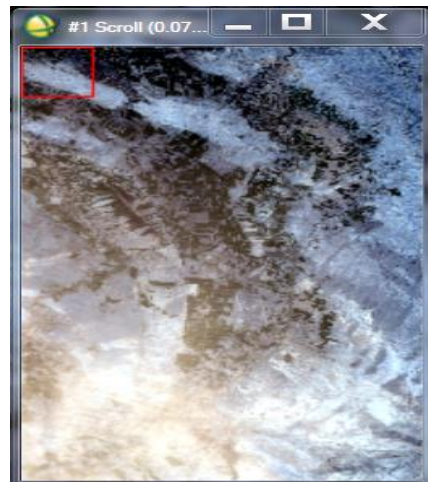
داده‌های مورد استفاده در این بخش به دو دسته داده‌های زمینی حاصل از طیف‌سنجی آزمایشگاهی و تصاویر ماهواره‌ای تقسیم‌بندی می‌شود.

۳-۲- داده‌های طیف‌سنجی

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل اطلاعات طیف‌سنجی جمع‌آوری شده در محیط آزمایشگاه و محیط طبیعی بیرون بر روی گیاه شمشاد است. دستگاه طیف‌سنج مورد استفاده در این پژوهش مدل ASD Field spec 3 با محدوده طیفی بین ۳۵۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر و رزولشن ۱ نانومتر می‌باشد. بدین منظور، تعداد ۲۰ برگ از گیاه شمشاد برای انجام عملیات طیف‌سنجی تهیه شد. برگ‌های این گیاه در اتاق تاریک و بر اساس استانداردهای مشخص مورد بررسی و در هرکدام از شرایط با ۵ بار تکرار طیف‌سنجی انجام شد. در مرحله‌ی اول طیف گیاه بدون گرد و غبار در محیط آزمایشگاه برداشته شد. این گیاه قبل از انجام عملیات طیف‌سنجی به طور کامل تمیز شده تا اثر هرگونه آلودگی بر روی آن از بین برود. در مرحله‌ی بعد به میزان ۰,۱ گرم خاک (خاک رس) بر روی این گیاه به طور یکنواخت پاشیده شده و سپس طیف

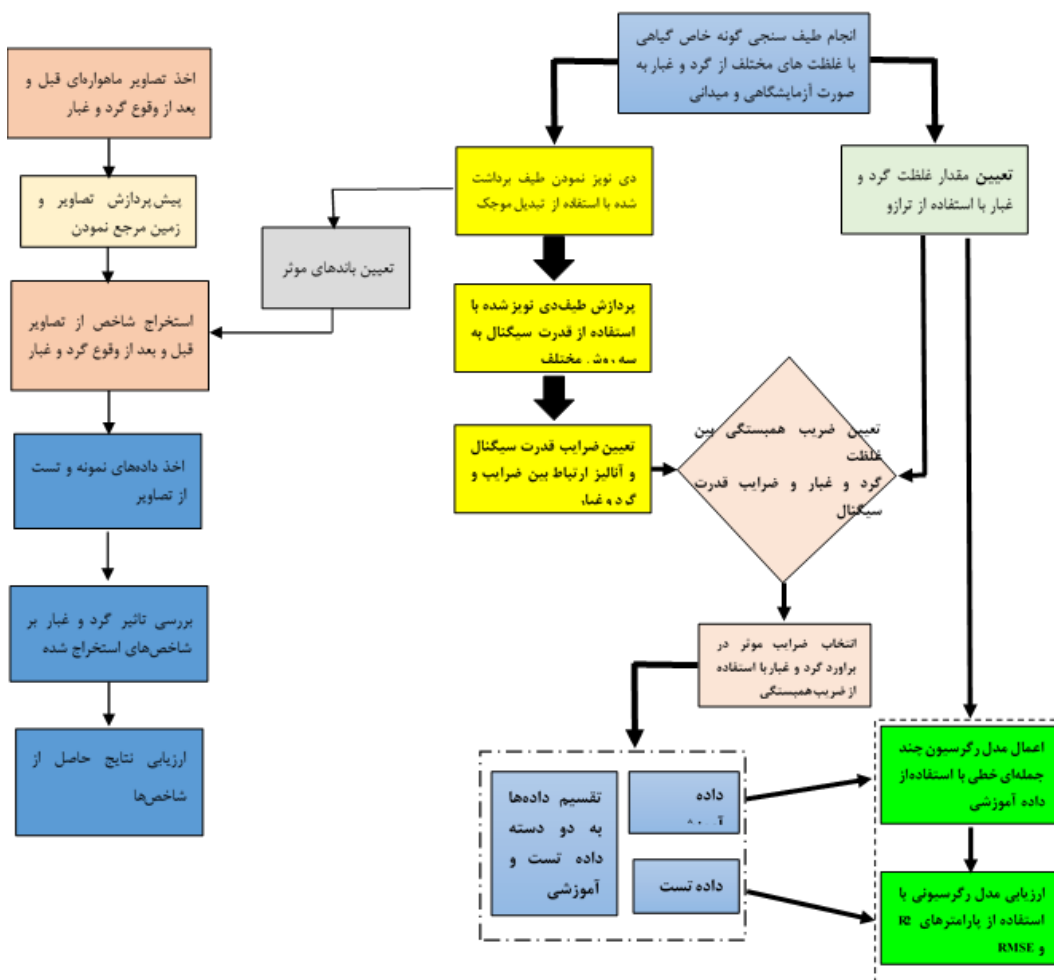


ب- تصویر منطقه قبل از وقوع گرد و غبار



الف- تصویر منطقه بعد از وقوع گرد و غبار

شکل ۲- تصاویر مورد استفاده قبل و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه



شکل ۳- نمودار روند نمای مراحل انجام پژوهش

گیاهی بهبود یافته^۲ (EVI)، شاخص پوشش گیاهی تفاضلی^۳ (DVI)، شاخص پوشش گیاهی استاندارد شده^۴ (RVI) قبل

پس از انتخاب تصاویر و پیش پردازش آنها، شاخص پوشش گیاهی تفاضلی بهنجار^۱ (NDVI)، شاخص پوشش

^۳ Difference Vegetation Index
^۴ Ratio Vegetation Index

^۱ Normalized Difference Vegetation Index
^۲ Enhanced Vegetation Index

معلوم فرض شده و یک تابع با ضابطه‌ای معلوم، به داده‌های جمع‌آوری شده برازش داده می‌شود. این در حالی است که در مدل برازشی غیر پارامتریک، مدل ریاضی خاصی برای داده‌ها در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه با اعمال یکسری شروط، مدل تابعی داده‌ها به صورت عددی برآورد می‌شود. رابطه (۱) بیانگر مدل برازشی غیرپارامتریک می‌باشد (Soman et al., 2004):

$$f_i(t) = S_i(t) + \sigma \varepsilon_i(t) \quad (1)$$

در رابطه (۱) $\varepsilon_i(t)$ متغیرهای تصادفی با توزیع نرمال $N(0,1)$ می‌باشد. σ مقدار نویز موجود در سیگنال بوده که می‌تواند معلوم و یا مجهول باشد و $S_i(t)$ تابع برازشی بدون نویز می‌باشد. $f_i(t)$ داده‌های همراه با نویز می‌باشند. با توجه به اینکه تبدیل موجک یک تحلیل برازشی غیرپارامتریک محسوب می‌شود لذا در رابطه (۱) مدل $S_i(t)$ نامعلوم بوده و تنها دارای شرایطی خاص می‌باشد (Soman et al., 2004).

۲-۶- شاخص‌های پوشش گیاهی

پس از تعیین بهترین طول موج‌های شناسایی تاثیر وجود و عدم وجود گرد و غبار بر روی گیاهان از طریق طیف سنجی، جهت بررسی تاثیر گرد و غبار بر روی طیف گیاه، چهار شاخص مختلف براساس میزان تاثیر گرد و خاک بر روی باندهای طیفی انتخاب شدند که عبارتند از: شاخص پوشش گیاهی تفاضلی بهنجار (NDVI)، شاخص پوشش گیاهی بهبود یافته (EVI)، شاخص پوشش گیاهی تفاضلی (DVI)، شاخص پوشش گیاهی استاندارد شده (RVI). نحوه محاسبه هر یک از شاخص‌های فوق در روابط ۲ تا ۵ در جدول شماره (۱) ارائه شده است:

جدول ۱- انواع شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده و نحوه محاسبه آنها

نحوه محاسبه	رابطه
$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$	رابطه (۲): که در این رابطه ρ_{NIR} بازتابندگی باند مادون قرمز نزدیک و ρ_{RED} بازتابندگی باند قرمز می‌باشد. مقادیر NDVI بین منفی یک و یک می‌باشد. مقادیر نزدیک یک مربوط به پوشش‌های گیاهی و مقادیر منفی مربوط به آب، برف، ابر و نواحی با پوشش گیاهی پراکنده می‌باشد (Weng, 2004).
$EVI = G \times \frac{(NIR - RED)}{(NIR + C1 \times RED - C2 \times Blue + L)}$	رابطه (۳): که در این رابطه ρ_{NIR} بازتابندگی باند مادون قرمز نزدیک، ρ_{RED} بازتابندگی باند قرمز، ρ_{BLUE} بازتابندگی باند آبی، $G=2.5$ ، $L=1$ ، $C1=7$ و $C2=6$ می‌باشد.
$DVI = \rho_{NIR} - \rho_{RED}$	رابطه (۴)
$RVI = \frac{\rho_{NIR}}{\rho_{RED}}$	رابطه (۵)

و بعد از گرد و غبار استخراج شدند، سپس با تعیین باندهای مؤثر، به طیف سنجی گونه‌های گیاهی با غلظت‌های مختلف گرد و غبار به صورت آزمایشگاهی و میدانی پرداخته شد. برای این منظور، ابتدا طیف‌های برداشت شده با استفاده از روش تبدیل موجک دی نویز شد با توجه به اینکه روش موجک یک روش مکان فرکانس است و از ابزارهای پایه منطبق با محتوای سری زمانی استفاده می‌کند می‌تواند به بهترین شکل به سری زمانی انطباق پیدا کند و برای سری‌های زمانی که دارای نوسان و همراه با نویز است از روش فوریه که بر اساس توابع پایه نرم سینوس و کسینوس است بسیار کارا تر عمل می‌کند. و در نهایت به منظور تحلیل قدرت سیگنال از روشهای پرپودوگرام، مولتی تیپر و ولج استفاده شد. شکل (۳) به صورت شماتیک مراحل انجام پژوهش را نمایش می‌دهد.

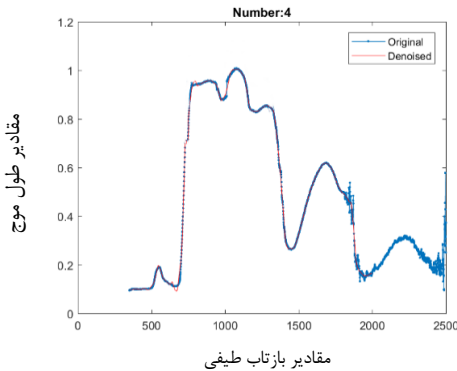
در ادامه نحوه انجام پیش‌پردازش بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست بیان شده است.

۲-۵- پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست و

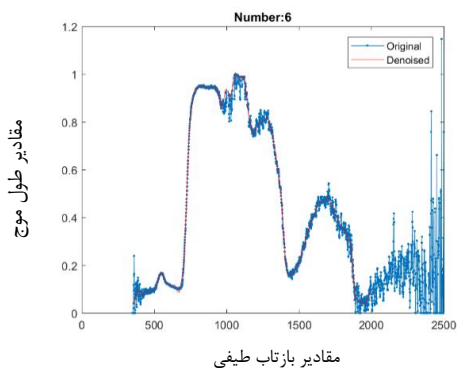
داده‌های طیف سنجی

در راستای انجام تصحیحات بر روی تصاویر مراحل مختلفی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به تصحیح جوی اشاره کرد. برای انجام این امر از نرم‌افزار ENVI 5.1 استفاده شد. همچنین برای پیش‌پردازش داده‌های طیف سنجی از روش تبدیل موجک استفاده گردید. لازم به ذکر است تبدیل موجک بر پایه تحلیل برازشی یک تابع به داده‌های جمع‌آوری شده صورت می‌پذیرد. تحلیل برازش به صورت پارامتریک و غیرپارامتریک صورت می‌گیرد. در مدل برازشی پارامتریک معمولاً مدل تابعی داده‌ها (مدل ریاضی)

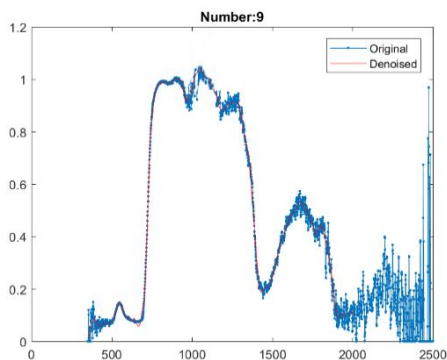
با گردو غبار کم (۰/۱ گرم، همچنین برگ تمیز در محیط بیرون و آزمایشگاه و برگ های دارای گردو غبار در محیط آزمایشگاه در شکل شماره (۴) نمایش داده شده است (الف، ب، ج و ه). نمودارهای مربوط به حذف نویز با استفاده از تبدیل موجک برای برگ دارای گردو غبار به مقدار ۰,۲ گرم در شکل نمایش داده شده اند.



نمودار مربوط به حذف نویز با استفاده از تبدیل موجک برای برگ دارای گردو غبار به مقدار ۰,۱ گرم در شکل (۸-۴) نمایش داده شده است



نمودار مربوط به حذف نویز مربوط به برگ بدون گردو و غبار در محیط بیرون در شکل (۳-۴) نمایش داده شده است



شکل (۳-۴) - نمودار گیاه بدون گردو و غبار در محیط بیرون نمودار مربوط به حذف نویز مربوط به برگ بدون گردو و غبار در محیط آزمایشگاه در شکل (۴-۴) نمایش داده شده است.

در گام بعدی با استفاده از روش های تحلیل طیفی به تحلیل قدرت سیگنال پرداخته شد. برای تحلیل قدرت سیگنال از روش های پریودوگرام، مولتی تیپر و ولج استفاده شد که در جدول شماره ۲ شرح داده شده اند. در حقیقت هدف این است که آیا منحنی طیفی گیاه تحت تاثیر گردو غبار قرار گرفته است یا خیر؟ در ادامه آنالیز طیفی انجام شده با استفاده از این سه روش پریودوگرام، مولتی تیپر و ولج شرح داده شده است. سپس، بین ضرایب قدرت سیگنال و همچنین مقدار گردو غبار اندازه گیری شده بر روی گیاه ضریب همبستگی محاسبه شد. ضرایبی از قدرت سیگنال که دارای بیشترین همبستگی می باشند به عنوان ضرایب موثر و متغیر مستقل رگرسیون چند جمله ای خطی در نظر گرفته شد. با استفاده از داده های آموزشی (۵۰ درصد از کل داده ها) ضرایب مدل رگرسیون محاسبه شد. به منظور ارزیابی مدل در برآورد مقدار غلظت گردو غبار از داده های تست با معیارهای ضریب تعیین (R^2) و مجذور مربعات خطاها RMSE استفاده شد. مجموع مراحل برای سه روش پریودوگرام، مولتی تیپر و ولج به صورت جداگانه انجام پذیرفت که در ادامه نتایج پیاده سازی بیان شده است.

جدول ۲- روش های مختلف تخمین طیفی

روش	توضیحات	توابع
Periodogram	تخمین چگالی طیف توان	Periodogram
Welch	پریودوگرام های میان گیری شده از بخش های مختلف پنجره گذاری شده باهم پوشانی سیگنال	pwelch, spectrum.welch, cpsd
Multitaper	تخمین طیف از ترکیب چند پنجره عمودی (trappers)	pmtm

۳- یافته های پژوهش

نتایج حاصل از طیف سنجی نمونه های برگ گیاه شمشاد در شرایط بدون گردو غبار، با گردو غبار کم (۰/۱ گرم) و گردو غبار زیاد (۰/۲ گرم) نشان داد که اطلاعات طیفی برداشت شده با استفاده از دستگاه طیف سنج دارای نویز می باشد (این نویز می تواند ناشی از عوامل محیطی، دخالت انسان، نویز دستگاه و یا یک سری عوامل ناشناخته باشد)، از اینرو، نویز موجود در منحنی های طیفی با استفاده از روش تبدیل موجک از بین برده شدند. نمودارهای مربوط به حذف نویز با استفاده از تبدیل موجک برای برگ دارای گردو و غبار به مقدار ۰,۲ گرم، برگ های

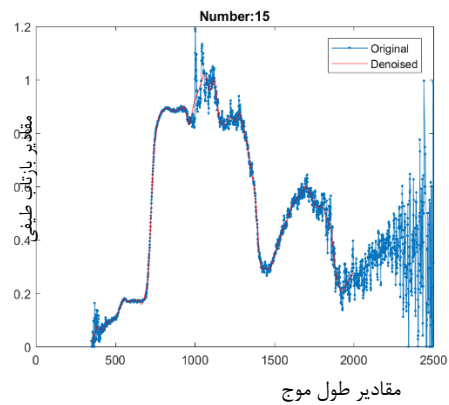
با توجه به شکل (۵) مشاهده می‌شود بهترین طول موج‌ها برای شناسایی پوشش گیاهی فاقد گرد و غبار و پوشش گیاهی دارای گرد و غبار از حدوداً ۴۵۰ تا ۷۵۰ نانومتر و ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر است. بنابراین در این پژوهش سعی شد تا رفتار پوشش گیاهی در زمان قبل و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه در طول موج‌های ۴۵۰ تا ۷۵۰ نانومتر و با استفاده از تصاویر ماهواره لندست مورد بررسی قرار گیرد. تصاویر ماهواره‌ای لندست برای زمان وقوع گرد و غبار و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه اخذ شده و پس از پیش‌پردازش مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به ابعاد بالای تصاویر لندست، بخشی از این تصاویر که دارای پوشش گیاهی بوده انتخاب شد. در این مرحله داده‌های آموزشی و آزمایشی از تصاویر گرفته شده و تمام مراحل انجام شده بر روی شاخص‌ها با استفاده از این داده‌ها انجام شده است. تصاویر ماهواره‌ای لندست برای زمان وقوع گرد و غبار و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه اخذ شده و پس از پیش‌پردازش مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج حاصل از شاخص‌های EVI، RVI، DVI، NDVI و EVI قبل و بعد وقوع گرد غبار همانطور که در بخش مواد و روشها شرح داده شد، تصویر حاصل از چهار شاخص NDVI، DVI، RVI و EVI برای زمان قبل و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه، با استفاده از نرم‌افزار ENVI بدست آمد. برای بررسی این شاخص‌ها ابتدا به بررسی رفتار هر دو باند NIR و RED برای زمان قبل و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه پرداخته شد. سپس برای هر کدام از این باندها یک خط برازش داده شده است تا ارتباط بین دو باند قبل و بعد از وقوع گرد و غبار مشخص شود. با استفاده از ضرایب بدست آمده در برازش خط برای هر کدام از باندها، مقادیر شاخص‌ها بدست آمده و وابستگی بین این مقدار با مقادیر این شاخص‌ها قبل از وقوع گرد و غبار بدست آمد. برای بدست آوردن مقادیر شاخص‌ها، ابتدا برای مقادیر باند مادون قرمز نزدیک، قبل و بعد از وقوع گرد و غبار خطی برازش داده شده است. سپس با استفاده از برازش بدست آمده، ارتباط بین این باند قبل و بعد از وقوع گرد و غبار به صورت رابطه (۶) بدست آمد. طبق همین روال برای باند قرمز نیز به انجام رسید و رابطه (۷) حاصل شد.

$$NIR1 = 0.8628 * NIR2 + 0.0042 \quad (6)$$

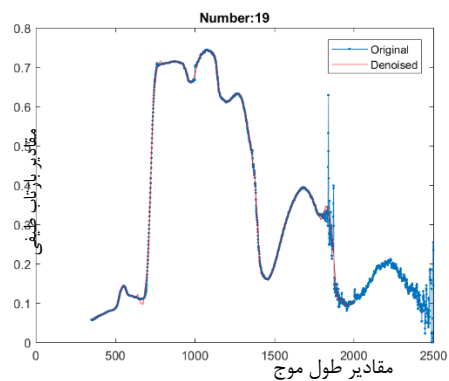
$$RED1 = -0.0061 * RED2 + 0.0874 \quad (7)$$

در مرحله بعد با استفاده از باند مادون قرمز و باند قرمز بدست آمده پس از وقوع گرد و غبار، شاخص‌های مختلف



شکل (۴-۴) - نمودار برگ تمیز در آزمایشگاه

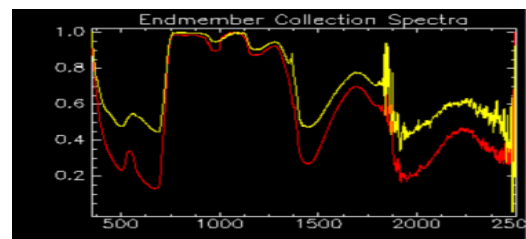
نمودار مربوط به حذف نویز برگ دارای گرد و غبار در محیط آزمایشگاه در شکل (۴-۵) نمایش داده شده است.



شکل (۴-۵) - نمودار برگ دارای گرد و غبار در محیط آزمایشگاه

شکل ۴- نمودار دی نویز شده: (الف) برگ دارای مقادیر زیادی (۰/۲ گرم) گرد و غبار در محیط طبیعی بیرون، (ب) برگ دارای گرد و غبار کم (۰/۱ گرم) در محیط بیرون، (ج) برگ تمیز در محیط بیرون و (د) برگ دارای گرد و غبار در آزمایشگاه.

در گام بعدی با استفاده از روش continue removal (CR) اثر باندهای جذبی از بین رفته و باندهایی که تحت تأثیر گرد و غبار قرار گرفته‌اند، شناسایی شده است. برای این منظور با استفاده از نرم‌افزار ENVI برای طیف‌های دارای گرد و غبار و بدون گرد و غبار نمودار CR ترسیم شد. شکل (۴) نمودار حاصل از CR را نمایش می‌دهد.

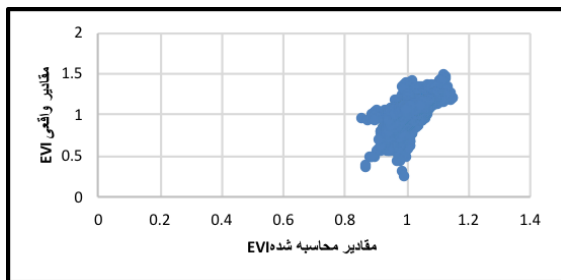


شکل ۵- نمودار حاصل از CR بر روی طیف دارای گرد و غبار و بدون گرد و غبار. منحنی قرمز بدون گرد و غبار و منحنی زرد تحت تأثیر گرد و غبار

سپس از رابطه زیر برای برقراری ارتباط بین مقادیر باند آبی قبل و بعد از وقوع گرد و غبار استفاده می کنیم:

$$BLUEI = -0.0451 * BLUE 2 + 0.1247 \quad (8)$$

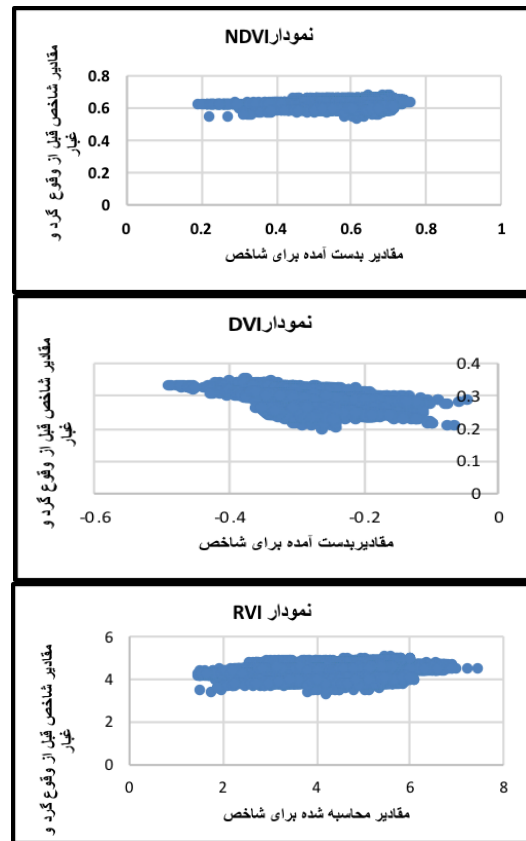
با استفاده از رابطه ی فوق مقادیر محاسباتی برای باند BLUE قبل از وقوع گرد و غبار محاسبه می شود. با قرار دادن مقادیر محاسباتی مربوط به این باند و دو باند NIR و RED مقادیر EVI محاسبه می شود. با استفاده از ضرایب بدست آمده در برازش خط برای هر کدام از باندها، مقادیر EVI بدست آمده و وابستگی بین این مقدار با مقادیر این شاخص قبل از وقوع گرد و غبار بدست آمد. که مقدار وابستگی بین مقادیر EVI بدست آمده برای زمان قبل از وقوع گرد و غبار و مقادیر واقعی EVI قبل از وقوع گرد و غبار برابر با ۰/۶۹ بدست آمد. که این مقدار وابستگی نسبتا مناسب بین مقادیر EVI محاسبه شده و مقادیر این شاخص قبل از وقوع گرد و غبار را بیان می کند (شکل ۸) ارتباط بین مقادیر محاسباتی شاخص EVI و مقدار واقعی آن قبل از وقوع گرد و غبار را نمایش می دهد.



شکل ۸- نمودار وضعیت شاخص EVI با بررسی تاثیرات دو باند آبی و قرمز

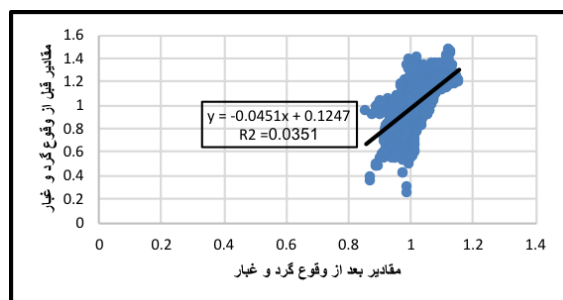
در ادامه، به منظور برآورد غلظت گرد و غبار با استفاده از قدرت سیگنال به روش پرپودگرام، بعد از تعیین ضرایب قدرت سیگنال، به صورت بصری تغییر ضرایب طیف با غلظت مختلف مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که قدرت سیگنال با افزایش گرد و غبار کاهش می یابد. این نتیجه برای هر دو دسته طیف میدانی و آزمایشگاهی قابل استنتاج می باشد. اما به منظور اثبات این ادعای تجربی از روش های آماری استفاده شده است بدین صورت که از پارامتر ضریب همبستگی بین دو دسته متغیر بهره گرفته شد. بنابراین ضریب همبستگی بین مقدار غلظت گرد و غبار و ضرایب قدرت سیگنال بدست آمده از روش پرپودگرام محاسبه شد و ضرایبی که دارای همبستگی بالای ۷۰ درصد می باشند به عنوان ضرایب موثر انتخاب شدند. جدول (۳) ضریب همبستگی برای ۵ ضریب اول از سیگنال را نشان می دهد.

محاسبه شد. که مقدار وابستگی برای شاخص های NDVI، DVI، RVI قبل از وقوع گرد و غبار به ترتیب برابر با ۰/۳۰۲، -۰/۴۷، ۰/۳۵ حاصل شد. نمودار مربوط به NDVI، DVI، RVI فوق بدست آمده و NDVI، DVI، RVI قبل از وقوع گرد و غبار در شکل (۶) ترسیم شده است.



شکل ۶- نمودار مربوط به شاخص NDVI

علاوه براین، یکی از شاخص های که سه باند BLUE، RED و NIR در آن دخیل هستند شاخص پوشش گیاهی EVI می باشد. برای بررسی شاخص EVI علاوه بر دو باند NIR و RED از تغییرات باند BLUE قبل و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه استفاده شده است. شکل (۷) رفتار این باند را قبل و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه نمایش می دهد.



شکل ۷- نمودار تغییرات رفتار باند آبی (BLUE) قبل و بعد از وقوع گرد و غبار

ضرایبی که با رنگ تیره‌تر در جدول فوق مشخص شده- اند، به عنوان ضرایب موثر انتخاب شده‌اند. بنابراین بین این ضرایب و مقدار غلظت گرد و غبار الگوریتم رگرسیون چند جمله‌ای پیاده و ضرایب مدل محاسبه شد. جدول (۴) معادلات مختلف برآورد گرد و غبار بر روی گیاه را نشان می‌دهد.

جدول (۳): ضرایب همبستگی برای ۵ ضریب اول

نوع برداشت	ضریب اول	ضریب دوم	ضریب سوم	ضریب چهارم	ضریب پنجم
طیف میدانی	-۰/۷۵	-۰/۶۸	-۰/۶۵	-۰/۶۹	-۰/۵۶
طیف آزمایشگاهی	-۰/۶۱	-۰/۸۴	-۰/۲۰	-۰/۷۸	-۰/۶۷

جدول ۴- معادلات مختلف برآورد گرد و غبار بر روی گیاه

نوع برداشت طیف	معادله	متغیرهای مستقل
طیف زمینی	$Content = ۰/۲۴۴۸ - (۰/۰۰۲۳۳ \times C1)$	ضریب شماره ۱
طیف آزمایشگاهی	$Content = ۲/۱۰۱۸ - (۰/۱۰۰۰۲ \times C2) + (۰/۸۲۹۴ \times C4)$	ضرایب شماره ۲ و ۴
طیف آزمایشگاهی	$Content = ۰/۹۳۰۸ - (۰/۰۲۰۴۱ \times C2)$	ضریب شماره ۲

ضرایب C1، C2 و C4 ضرایب رگرسیون می‌باشد.

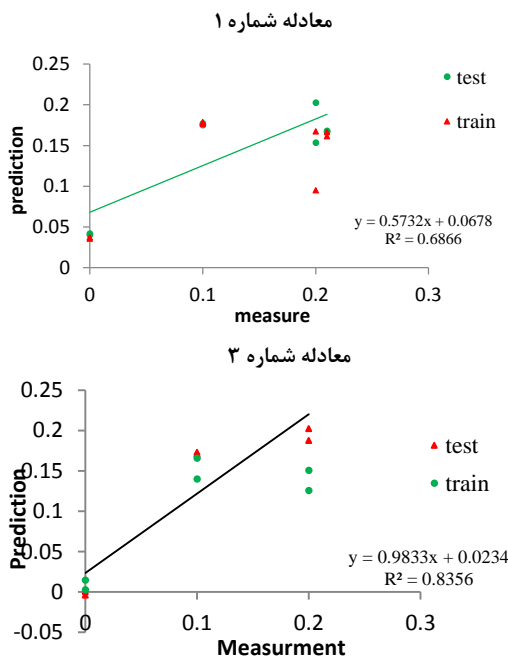
با ضریب تعیین پایین ۶۰ درصد که نسبت به برآورد متغیر وابسته ضعیف عمل نموده است. بنابراین مدل شماره ۲ از کیفیت پایینی در برآورد مقدار گرد و غبار برخوردار است که مقدار F معادله نیز موید این امر می‌باشد. شکل (۹) پراکندگی مقدار گرد و غبار اندازه‌گیری شده و برآورد شده را برای دو دسته داده‌های آزمایشی و آموزشی نشان می‌دهد.

با محاسبه ضرایب رگرسیون، مطابق با گردش کار ارائه شده در بخش قبل، می‌بایست صحت نتایج را مورد ارزیابی قرار داد. بنابراین با استفاده از داده‌های تست معیارهای ارزیابی RMSE و R² محاسبه شد. جدول (۵) نتایج مربوط به مدل‌های ارائه شده را نشان می‌دهد.

جدول ۵- ارزیابی روش با استفاده از معیارهای RMSE و R²

معادله	داده آموزشی		داده تست		آزمون F
	R ²	RMSE	R ²	RMSE	
معادله ۱ (زمینی)	۰/۸۲	۰/۰۳۲	۰/۶۱	۰/۰۵۴	* ۰/۰۴
معادله ۲ (آزمایشگاهی)	۰/۸۷	۰/۰۳۸	۰/۵۸	۰/۱۷	۰/۰۶
معادله ۳ (آزمایشگاهی)	۰/۷۹	۰/۰۵۱	۰/۶۰	۰/۰۴۵	* ۰/۰۵

* نشانگر معنی دار بودن آزمون F در بازه اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.



شکل ۹- پراکندگی مقدار گرد و غبار اندازه‌گیری شده (داده‌های آموزشی و آزمایشی)

مشابه روش پرپودگرام، به منظور برآورد مقدار غلظت گرد و غبار از سیگنال پردازش شده با تعداد ۱۲۰۰۰ داده آموزشی و آزمایشی با روش pmtm استفاده شد. بنابراین ابتدا مقدار ضریب همبستگی ۵ ضریب اول سیگنال با مقدار غلظت گرد و غبار محاسبه شد و ضرایب با ضریب همبستگی

همانطور که از جدول (۴) مشاهده می‌شود که بر معادله شماره ۳ روی داده‌های طیف‌سنجی آزمایشگاهی پیاده شده است، به گونه‌ای فقط یک ضریب (شماره ۲) به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شده؛ از توانایی بالاتری برای برآورد گرد و غبار برخوردار می‌باشد. موید این امر مقدار ضریب تعیین بالای ۸۰ درصد می‌باشد. در واقع در آنالیز مقدار ضریب تعیین یک معادله می‌توان گفت، به صورت کلی معادلات براساس مقدار ضریب تعیین به سه دسته تقسیم می‌شوند. دسته اول مدلهایی با مقدار ضریب تعیین بالای ۸۰ درصد که این مدل‌ها مناسب و بدون ایراد می‌باشند، دسته دوم مدلهای با ضریب تعیین بالای ۶۰ درصد که مناسب بوده اما نیازمند اصلاح و تغییر می‌باشند و مدلهایی

با توجه به جدول (۵) متغیرهای مستقل کلیه ضرایب در نظر گرفته شد. بنابراین یک مدل رگرسیون چند جمله-ای با ۵ متغیر مستقل برای سیگنال میدانی و آزمایشگاهی جهت محاسبه ضرایب تبدیل مورد استفاده قرار گرفت. جدول (۷) مشخصات معادله رگرسیونی به همراه ضرایب تبدیل را نشان می‌دهد.

بالا به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد. جدول (۶) مقدار همبستگی سیگنال آزمایشگاهی و میدانی پردازش شده به روش مذکور با گرد و غبار را نشان می‌دهد.

جدول ۶- مقدار همبستگی سیگنال آزمایشگاهی و میدانی با روش pmtm

ضریب پنجم	ضریب چهارم	ضریب سوم	ضریب دوم	ضریب اول	نوع برداشت طیف
-۰/۷۳	-۰/۷۲	-۰/۷۲	-۰/۷۲	-۰/۷۲	طیف میدانی
-۰/۸۳	-۰/۹۰	-۰/۹۱	-۰/۹۰	-۰/۹۰	طیف آزمایشگاهی

جدول ۷- ارزیابی صحت و دقت

متغیرهای مستقل	معادله	نوع برداشت طیف
کلیه ضرایب	$Content = 0/196 + (15/49 \times C1) - (8/25 \times C2) - (1/99 \times C3) + (3/56 \times C4) - (1/10 \times C5)$	طیف زمینی
کلیه ضرایب	$Content = 2/89 + (0/44 \times C1) + (10/66 \times C2) - (9/21 \times C3) - (1/95 \times C4) + (0/59 \times C5)$	طیف آزمایشگاهی

ضرایب C1، C2، C3، C4 و C5 ضرایب رگرسیون می‌باشد.

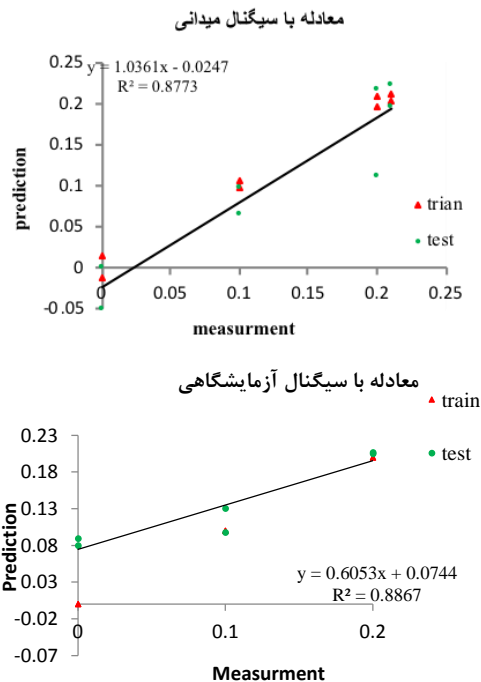
پارامترها به ازای داده‌های تست و آموزشی در جدول (۸) قابل رویت می‌باشد.

به منظور ارزیابی صحت و دقت معادلات شماره ۱ و ۲ که در جدول (۶) ارائه شده‌اند؛ از معیارهای ارزیابی مجذور مربعات خطاها و ضریب تعیین استفاده شد، که مقادیر این

جدول ۸- ارزیابی با استفاده از RMSE و R²

معادله	داده آموزشی		داده تست		آزمون F
	R ²	RMSE	R ²	RMSE	
معادله ۱ (زمینی)	۰/۹۹	۰/۰۰۷	۰/۸۷	۰/۰۴۱	** ۰/۰۱
معادله ۳ (آزمایشگاهی)	۰/۹۹	۱۴ ^۱ ۰*۲<	۰/۸۸	۰/۰۵۵	** ۰/۰۰۰۱

** نشانگر معنی دار بودن آزمون F در بازه اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد.



شکل ۱۰- پراگندگی مقدار گرد و غبار اندازه‌گیری شده و مقدار برآورد شده

با توجه به جدول (۷)، دو نتیجه کلی بدست آمد:
 ۱- هر دو مدل در برآورد گرد غبار عملکرد مناسب داشته‌اند.
 ۲- با مقایسه روش پرپودگرام و روش مذکور مشخص شد این روش در برآورد مقدار گرد و غبار از ضرایب قدرت سیگنال توانایی و پتانسیل بیشتری دارد. موید این امر مقادیر ضریب تعیین بالای ۸۰ درصد برای داده تست و آموزشی در هر دو حالت می‌باشد. شکل (۱۰) پراگندگی مقدار گرد و غبار اندازه‌گیری شده و مقادیر برآورد شده با دو معادله ارائه شده در جدول (۴-۵) را نشان می‌دهد.

جدول ۹- مقادیر همبستگی با استفاده از روش Pw Welch

نوع برداشت	ضریب اول	ضریب دوم	ضریب سوم	ضریب چهارم	ضریب پنجم
طیف میدانی	-۰/۷۲	-۰/۷۱	-۰/۶۷	-۰/۶۰	-۰/۶۰
طیف آزمایشگاهی	-۰/۹۰	-۰/۹۳	-۰/۶۹	-۰/۴۳	-۰/۴۳

ضرایب اول و دوم از پردازش سیگنال به روش Pw Welch دارای بیشترین همبستگی می‌باشند بنابراین از این دو ضریب برای هر دو حالت میدانی و آزمایشگاهی به عنوان متغیر مستقل استفاده شد. معادلات رگرسیونی که از داده آموزشی برای هر دو حالت بدست آمد در جدول (۱۰) قابل رویت می‌باشد.

جدول ۱۰- معادلات رگرسیونی بدست آمده با استفاده از داده‌های آموزشی

نوع برداشت طیف	معادله	متغیرهای مستقل
طیف میدانی	$Content = ۰/۳۰۲۶ - (۰/۵۷۷۶ \times C1) + (۰/۶۰۳۳ \times C2)$	ضرایب ۱ و ۲
طیف آزمایشگاهی	$Content = ۱/۴۷۷ + (۰/۰۳۲ \times C1) - (۰/۱۲۲ \times C2)$	ضرایب ۱ و ۲

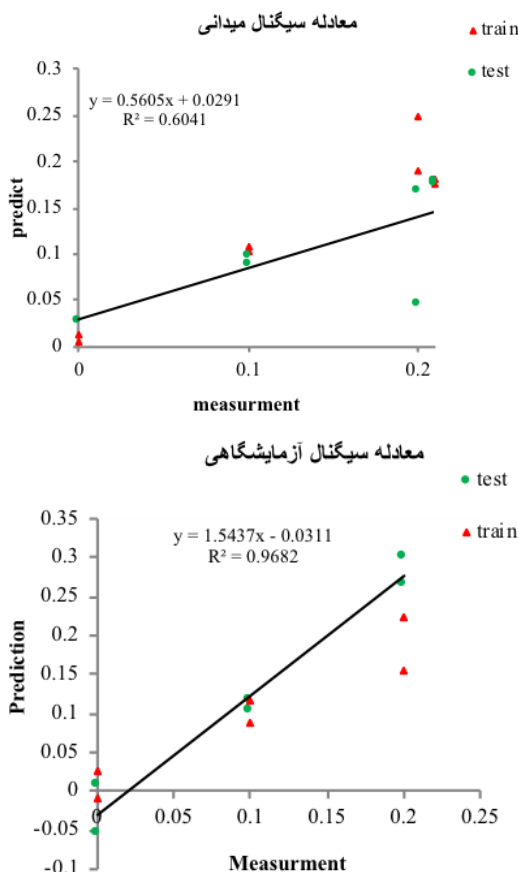
ضرایب C1, C2 ضرایب رگرسیون می‌باشد.

به منظور ارزیابی کیفیت مدل‌های جدول (۹) جهت برآورد مقدار غلظت گرد و غبار از پارامترهای مجذور مربعات خطاها و ضریب تعیین استفاده شده است، که مقادیر پارامترهای مذکور برای داده‌های تست و آموزشی در جدول (۱۱) نمایش داده شده است:

جدول ۱۱- ارزیابی روش pwelch با استفاده از RMSE و R²

معادله	داده آموزشی		داده تست		آزمون F
	R ²	RMSE	R ²	RMSE	
معادله ۱ (زمینی)	۰/۹۲	۰/۰۲۶	۰/۶۰	۰/۰۶	** ۰/۰۰۲
معادله ۳ (آزمایشگاهی)	۰/۹۱	۰/۰۲۷	۰/۹۷	۰/۰۶	** ۰/۰۲

** نشانگر معنی دار بودن آزمون F در بازه اطمینان ۹۹ درصد می‌باشد.



شکل ۱۱- پراگندگی مقدار گرد و غبار اندازه‌گیری شده و مقدار برآورد شده

همانطور که از مقایسه جداول روش‌های مذکور قابل مشاهده می‌باشد، فقط پردازش سیگنال پریودگرام توانایی لازم برای تشخیص تاثیر گرد و غبار از روی سیگنال گیاه عملکرد مناسبی نداشت و دو روش دیگر عملکرد بسیار خوبی در بررسی اثر گرد و غبار و برآورد مقدار غلظت گرد و غبار دارند. پراگندگی داده‌های آزمایشی و آموزشی قبل و بعد از برآورد با روش pwelch در شکل (۱۱) قابل رویت می‌باشد.

۴- نتیجه گیری

همچنین مقدار وابستگی مقادیر شاخص EVI (که دارای سه باند است) بدست آمده برای زمان قبل از وقوع گرد و غبار و مقادیر واقعی EVI قبل از وقوع گرد و غبار برابر با ۰/۶۹ بدست آمد که این مقدار وابستگی نسبتاً مناسب بین مقادیر EVI محاسبه شده و مقادیر این شاخص قبل از وقوع گرد و غبار را بیان می کند. در ادامه، به منظور برآورد غلظت گرد و غبار با استفاده از قدرت سیگنال به روش پریودگرام، بعد از تعیین ضرایب قدرت سیگنال، به صورت بصری تغییر ضرایب طیف با غلظت مختلف مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که قدرت سیگنال با افزایش گرد و غبار کاهش می یابد. این نتیجه برای هر دو دسته طیف میدانی و آزمایشگاهی قابل استنتاج می باشد. مقایسه نتایج سه روش پریودگرام، ولج و مولتی تیپر نشان داد که فقط پردازش سیگنال پریودگرام توانایی لازم برای تشخیص تاثیر گرد و غبار از روی سیگنال گیاه عملکرد مناسبی ندارد و دو روش دیگر (مولتی تیپر و ولج) نسبت به روش پریودگرام دارای قدرت بالاتری در شناسایی اثر گرد و خاک بر روی طیف گیاه دارند. با توجه به دقت‌های بدست آمده برای شاخص‌های پوشش گیاهی، مشخص شد که با استفاده از تصاویر نمی‌توان به تاثیر گرد و غبار بر روی گیاه پرداخت. دقت بدست آمده برای روش پریودگرام در محیط آزمایشگاه برابر با ۸۳ درصد و در محیط طبیعی بیرون برابر با ۶۹ درصد، دقت بدست آمده برای روش ولج در محیط آزمایشگاه برابر با ۶۰ درصد و در محیط بیرون برابر با ۹۷ درصد و دقت بدست آمده برای روش مولتی تیپر در محیط آزمایشگاه برابر با ۸۷ درصد و محیط طبیعی بیرون برابر با ۸۸ درصد بدست آمد. همچنین خطای بدست آمده برای روش پریودگرام در محیط آزمایشگاه برابر با ۰/۰۴ و در محیط طبیعی بیرون برابر با ۰/۰۵ دقت بدست آمده برای روش ولج در محیط آزمایشگاه برابر با ۰/۰۶ و در محیط بیرون برابر با ۰/۰۶ و دقت بدست آمده برای روش مولتی تیپر در محیط آزمایشگاه برابر با ۰/۰۵ و محیط طبیعی بیرون برابر با ۰/۰۴ بدست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده مشاهده می شود که گرد و غبار موجود بر روی گیاه با استفاده از دو روش ولج و مولتی تیپر بهتر قابل شناسایی می باشد.

گرد و غبار یکی از پدیده‌های اقلیمی مهمی است که در مناطق خشک و نیمه خشک در جهان اتفاق افتاده و زندگی انسان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که این پدیده یکی از مخرب‌ترین و رایج‌ترین پدیده‌های در مناطق خشک در ایران و جهان به شمار می آید که می‌تواند آثار زیانباری بر زندگی انسان و سایر موجودات زنده از جمله گیاهان داشته باشد. از اینرو، هدف کلی در این پژوهش، تعیین میزان تاثیر گرد و غبار بر روی طیف گیاه می‌باشد. در راستای این پژوهش سعی شد تا با استفاده از روش‌های مختلف آنالیز طیفی (پریودگرام، ولج و مولتی تیپر) و استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی در تصاویر ماهواره‌ای به بررسی میزان تاثیر گرد و غبار بر روی گیاه پرداخته شد. نتایج حاصل از این پژوهش با استفاده از داده‌های سنجش از دوری نشان داد که داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از روش طیف‌سنجی زمینی به دلیل خطای دستگاهی، خطای انسانی و یا عوامل محیطی مختلف دارای نویز می‌باشند. که وجود نویز در این اطلاعات موجب می‌شود تا اعتمادپذیری نسبت به داده‌ها کاهش پیدا کند. در نتیجه نمی‌توان اطلاعات دقیقی و قابل اعتباری از داده‌های موجود انتظار داشت. به همین علت با استفاده از روش تبدیل موجک نویز موجود در داده‌های طیف‌سنجی از بین برده شد. بررسی روش CR نشان داد که بهترین طول موج‌ها برای شناسایی پوشش گیاهی فاقد گرد و غبار و پوشش گیاهی دارای گرد و غبار از حدوداً ۴۵۰ تا ۷۵۰ نانومتر و ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ نانومتر است. از اینرو، رفتار پوشش گیاهی در زمان قبل و بعد از وقوع گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه در طول موج‌های ۴۵۰ تا ۷۵۰ نانومتر و با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست مورد بررسی قرار گرفت. براین اساس، نتایج حاصل از شاخص‌های پوشش گیاهی مورد مطالعه با استفاده از باند ماودن قرمز و باند قرمز بدست آمده پس از وقوع گرد و غبار، نشان داد که مقدار وابستگی برای شاخص‌های NDVI، DVI، RVI قبل از وقوع گرد و غبار به ترتیب برابر با ۰/۳۰۲، -۰/۴۷، ۰/۳۵ حاصل می‌باشد.

مراجع

- [1] Omidvar, K. 2010. Analysis of Strong Winds and Storms Regime in Yazd. The Journal of Spatial Planning 14(1), 84-105.

- [2] Omidvar, K. and Omid, Z. 2013. The Analysis of Dust Phenomenon in the Southern and Central Fars Province. *Scientific Journal Management System* 1(1), 85-114
- [3] Bahrami, HosainAli, Jalali, Mahia, Darvishi Bolorani, Ali, Azizi, Rasoul. 2014. Spatial-temporal modeling of dust storms frequency in Khuzestan province, Iran, *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS (IJRSG)* (<http://www.irsgiss.ir/>)
- [4] Bahrami, H. A., Mirzaei, S., Darvishi Bolorani, A., Darvishzadeh, R., & Alavipanah, K. 2016. Analysis of dust storm effects on reflectance spectra of wheat canopy: in Farsi. *Iranian journal of remote sensing and GIS*, 7(4), 13-26
- [5] Pourhashemi, S. Boroghani, M., Zanganeh Asadi, M. A., Amir Ahmadi, A. 2016. analysis relation of vegetation cover on the number of dust event in Khorasan Razavi using geographic information system and Remote Sensing, *Journal of RS & GIS for natural Resources* , Vol. 6 , pp 33 - 45.
- [6] Najafi, M.S., Khoshakhlagh, F., Zamanzadeh, M., Shirazi, M. & Samadi, M. (2014). The Study of Dust composition in the west and southwest of Iran. *Geography and Environmental Hazards*, 2(2). <https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.20117>
- [7] Shahsavani, A., Yarahmadi, M., Jafarzade Haghhighifard, N., Naimabadie, A., Mahmoudian, M.H., Saki, H., Sowlat, M.H., Soleimani, Z. and Naddafi, K. (2011) Dust Storms: Environmental and Health impacts. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences* 2(4), 45-56
- [8] Sadeghi ravesh, M.H., Khorasani, N. 2009. Investigation of dust effects resulting from cement industries on variation and density of rangeland vegetation cover Case study: Abyek cement factory. *J.Env.Sci. Tech.*, No 40. 109-119.
- [9] Azimzadeh, H.R., Ekhtesasi, M.R., Hatami, M. & Akhavan, Ghalibaf, M. 2002. Erodibility relation to soil physical and chemical properties in Iran central plain (Case study: Yazd-Ardakan plain). *Journal of agricultural sciences and natural resources*. Vol.1, pp. 139-151.
- [10] Fallah zazuli, Mohammad, Vafaeinezhad, Alireza, Kheirkhah zarkesh, Mir Masoud, Ahmadi dehka, Fariborz 2014. Source routing of dust haze phenomenon in the west and southwest of Iran and its synoptic analysis by using remote sensing and GIS. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. Vol 5(4). Pp 61-75
- [11] Memarian Khalilabad, H., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M.R., & Alavipanah, S.K. 2005. Source Studying of Eolian Sediments in Rafsanjan Region. *Iranian Journal of Natural Resources*. Vol 58(3). Pp 531- 543.
- [12] Mohammad khani, K. 2016. Effect of dust storms on spectral behavior of ornamental plants, Msc thesis, Faculty of geography, University of Tehran.
- [13] Mirzayi Tourk, S. (2013). Effect of dust on spectral behavior of strategic plants. Msc thesis, Faculty of geography, University of Tehran
- [14] Kim S-W, Yoon S-C, Kim J. 2008. Columnar Asian dust particle properties observed by sun/sky radiometers from 2000 to 2006 in Korea. *Atmospheric Environment*, 42(3): 492-504.
- [15] Kurosaki Y, Mikami M. 2005. Regional difference in the characteristic of dust event in East Asia: relationship among dust outbreak, surface wind, and land surface condition. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 83(1): 1-18.
- [16] Qian, Z.A., Song, M.H., Li, W.Y., 2002, Analyses on Distributive Variation and Forecast of Sand-Dust Storms in Recent 50 Years in North China, *Desert Research*, Vol. 22, PP. 106-111.
- [17] Reynolds RL, Yount JC, Reheis M, Goldstein H, Chavez P, Fulton R, Whitney J, Fuller C, Forester RM. 2007. Dust emission from wet and dry playas in the Mojave Desert, USA. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(12): 1811-1827.
- [18] Shi, G.Y., Zhao, S.X., 2003, Several Scientific Issues of Studies on the Dust Storms. *Atmospheric Sciences*, Vol. 27, PP. 591-606.
- [19] Shamaila, Z. Wolfram, S. Yang, P. Xiaoning, Z. Hussein, O. Xiongkui, H. & Joachim, M. 2015. Effect of Dust Deposition on Stomatal Conductance and Leaf Temperature of Cotton in Northwest China. *Water*, 7, 116-131.
- [20] Sharma AR, Kharol SK, Badarinath K. 2009. Satellite observations of unusual dust event over North-East India and its relation with meteorological conditions. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 71(17): 2032-2039.
- [21] Soman, K. (2004) *Insight into wavelets from theory to practice*. india : prentice-Hall, ISBN: 978-81-2034053-4.