

منشأیابی ریزگردها با استفاده از تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره NOAA (مطالعه موردی: جنوب غرب ایران)

محمدحسین رضائی مقدم* - استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
مجتبی مهدیان بروجنی - کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

پذیرش: ۱۳۹۴/۶/۱۶

وصول: ۱۳۹۴/۳/۲۱

چکیده

طوفان ریزگرد یکی از مهم‌ترین چالش‌های منطقه غرب آسیا محسوب می‌شود که در دهه‌های اخیر به دلایل متعدد از جمله خشکسالی، شدت بیشتری یافته‌اند. این طوفان‌ها حجم عظیمی از ذرات خاک را جابه‌جا کرده و باعث آسیب‌های شدید اقتصادی، اجتماعی و سلامت می‌شوند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که طوفان‌های ریزگرد می‌توانند از مهم‌ترین مخاطرات اقلیمی کشور محسوب شوند. شناسایی منابع و کانون‌های برداشت ریزگردهای واقع در مرزهای جنوب غرب کشور، هدف اصلی این پژوهش را دربر می‌گیرد. بدین منظور، با بهره‌گیری از تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره نوآ اقدام به شناسایی مناطق منشأ تولید ریزگردها گردیده است. در این راستا با استفاده از داده‌های هواشناسی سطح زمین که مربوط به کدهای پدیده ریزگردها هستند، ۲۴ تصویر AVHRR از بین کلیه تصاویر تهیه شده انتخاب گردیدند و با استفاده از الگوریتم‌های معروف آشکارسازی ریزگردها شامل اختلاف دمایی روشنائی در باندهای مادون قرمز حرارتی و همچنین ترکیب رنگ کاذب، اقدام به آشکارسازی ریزگردها گردید. از تصاویر بارزسازی شده در مجموع ۶۲ نقطه منشأ در جنوب غرب کشور استخراج گردید که با استفاده از توزیع تراکم نقاط به دست آمده در محیط GIS، سه منطقه مکرر در تولید ریزگردها در جنوب غرب کشور معرفی گردید که شامل غرب ایلام و مرز این استان با عراق، تلاقی مرزهای جنوبی ایلام، شمال خوزستان و عراق و نواحی اطراف تالاب هورالعظیم می‌شوند.

واژگان کلیدی: ریزگرد، سنجش از دور، بارزسازی، جنوب غرب ایران، AVHRR

مقدمه

طوفان ریزگرد^۱، شرایط جوی است که با وزش بادهای شدید، شن و خاک نزدیک سطح زمین به آسمان کشانده می‌شود و در نتیجه هوا را آلوده و قدرت دید را گاهی به کمتر از یک کیلومتر کاهش می‌دهد. طوفان ریزگرد فرآیند پیچیده‌ای است که تحت تأثیر تعامل سیستم اتمسفر - زمین بوده و اغلب در نتیجه سرعت بالای باد، خاک عریان و خشک و شرایط آب و هوایی خشک ایجاد می‌شود (می^۲ و همکاران، ۲۰۰۸). از نظر پراکنش و توزیع مکانی ریزگردها در جهان، بیشترین فراوانی آنها در شمال آفریقا، خاورمیانه و آسیا و فراوانی متوسط آنها در استرالیا و ایالات متحده آمریکا و فراوانی کم، در دیگر نقاط یافت می‌شوند (انگستادلر^۳، ۲۰۰۱).

کشور ایران در غرب آسیا به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، مکرراً در معرض طوفان‌های ریزگرد قرار می‌گیرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد از سال‌ها قبل، حداقل سه دهه گذشته، طوفان‌هایی در منطقه غرب و جنوب غرب ایران و کشورهای همسایه به وقوع پیوسته است و در مواردی هم این طوفان‌ها، گردوغبار و ماسه‌های مناطق مستعد را به همراه خود جابه‌جا کرده است. لیکن شدت این طوفان‌ها و غلظت مواد حمل‌شده در آن به حدی که در سال‌های اخیر اتفاق افتاده نبوده است. وقوع این طوفان‌ها در چند سال گذشته زندگی مردم را در منطقه به طور جدی مختل و عرصه را حتی برای تنفس، چه رسد به کار و هرگونه فعالیت مفید دیگری تنگ کرده و شدت این طوفان‌ها و تبعات آنها، نگرانی‌های مردم و مسئولین را برانگیخته است (جلالی و داودی، ۲۰۰۸).

افزایش شدت ریزگردها در چند سال اخیر در جنوب غرب کشور، نتیجه خشکسالی و همچنین استفاده نامطلوب از منابع طبیعی در داخل کشور و کشورهای مجاور بوده که موجب شده زیستگاه‌ها و مناطق بیابانی در کشورهای مذکور حفاظت نشده و به آستانه فرسایش بادی رسیده‌اند که رفته‌رفته این پدیده گسترده‌تر و شدیدتر می‌شود. بارش کم در مناطق جنوب و جنوب غربی، خشک و کم‌آب شدن تالاب‌ها و آبگیرها، سبز نشدن گیاهان صحاری و در نتیجه شدت یافتن وزش باد، موجب افزایش ریزگردها در این مناطق شده است (فیاضی، ۱۳۹۳). دشت‌های متعدد کوچک و بزرگ واقع در این منطقه از کشور به طور عمده از نهشته‌های آبرفتی و رسوبات ریزدانه رودخانه‌های کرخه، کارون، دز، جراحی و هندیجان و شاخه‌های آنها پوشیده شده است که بستر مناسبی برای تبدیل شدن به کانون فرسایش بادی و ریزگردها به شمار می‌آیند. علاوه بر آن وجود رسوبات بادرفتی، تپه‌های ماسه‌ای و شنزارهایی که در مناطق مختلف این قسمت از کشور از شمال غرب کرخه تا اطراف اهواز وجود دارد باعث تشدید پدیده ریزگردها می‌شود (پورعلی، ۱۳۹۰).

تحقیقات متعددی به‌ویژه با روش‌های سنجش از دور به آشکارسازی و پایش ریزگردها در مناطق مختلف دنیا، ایران و منطقه مورد مطالعه در این تحقیق پرداخته‌اند از جمله:

ریورا^۴ و همکاران (۲۰۰۶)، با بررسی باندهای مختلف مرئی و مادون قرمز داده‌های ماهواره‌های نوآ و آکوا/ترا برای یافتن منشأ ریزگردها در جنوب غربی ایالات متحده و شمال غرب مکزیک پرداخته‌اند و با استفاده از تفسیر بصری این تصاویر، منشأ ایجاد ریزگردها در منطقه مورد مطالعه را یافته و در تصاویر سنجنده‌های

مختلف مورد مقایسه قرار داده و توانایی هر کدام از تصاویر را مورد تأکید قرار داده‌اند. در تحقیقی که سالمون^۱ و همکاران (۲۰۰۸) بر روی طوفان‌های مکرر گردوغبار در صحرای گبی در مغولستان با استفاده از دمای درخشندگی باند ۴ و ۵ سنجنده^۲ AVHRR و گسیل‌مندی داده‌های مودیس و داده‌های اندازه‌گیری شده ایستگاه‌های هواشناسی و با استفاده از تفاوت بین باندهای حرارتی در ترکیب با لایه‌ها در محیط GIS انجام شده، نقشه غبار طوفان و شن در بیابان‌های گبی و شمال چین تهیه شده و مشخص گردید که اکثر ریزگردها به وسیله منابع طبیعی ایجاد می‌شوند. با توجه به افزوده شدن ریزگردهای غرب ایران با منشأهای خارجی در دهه‌های اخیر (از سال ۲۰۰۰ تا حال حاضر) ذوالجودی^۳ و همکاران (۲۰۱۳)، اقدام به شناسایی منبع این ریزگردها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه نوع خاک کرده‌اند و نتیجه گرفته‌اند که افزایش میزان ریزگردها به دلیل خشکسالی در مناطق تولید اصلی آنها در دهه‌های اخیر است همچنین عطایی و احمدی (۱۳۸۹)، وضعیت گردوغبار استان خوزستان را در پنج ایستگاه سینوپتیک از نظر آماری و الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و سطح زمین در دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۵ مورد بررسی قرار دادند. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده جهت تعیین منشأ ریزگردها بر اساس تصاویر ماهواره‌ای و الگوهای گردشی مشخص گردید که پدیده ریزگردها در این منطقه دارای دو کانون اصلی منطقه غرب بغداد و موصل تا بحرالملح و هورالعظیم است. در پژوهشی که در مورد پدیده ریزگردها به عنوان مهم‌ترین بحران زیست‌محیطی استان خوزستان انجام شده است طاووسی و همکاران (۱۳۸۹) نتیجه‌گیری کرده‌اند از مجموع ۴۵۵۲ روز، گردوغباری استخراج شده از ۱۰ ایستگاه سینوپتیک در یک دوره ۱۰ ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۸)، ۳۲۸۵ روز، گردوغباری فرامحلی بوده و منشأ آنها بیابان‌های همجوار استان مثل عراق، سوریه و عربستان بوده و ۱۲۶۴ روز منشأ گردوغبار خود استان خوزستان و منشأ محلی است که به علت اینکه بخش وسیعی از دشت خوزستان به‌ویژه در نواحی مرکزی آن از مناطق خشک و عاری از پوشش گیاهی تشکیل شده است شکل می‌گیرند. در همین راستا پورعلی و تقی‌زاده (۱۳۹۰) به بررسی علل و منشأ ریزگردها در استان خوزستان پرداخته و با اشاره به افزایش چشم‌گیر این پدیده در سال‌های اخیر و تأثیرات نامطلوب آن بر فعالیت‌های انسانی، اثرات ناشی از خشکسالی را که باعث خشک شدن دریاچه‌ها و رودخانه‌ها گردیده مسبب ایجاد مراکز داخلی کانون ریزگردها می‌دانند. این محققان با بررسی زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی منطقه به بررسی رسوبات و نهشته‌های رسوبی این منطقه پرداخته و در مجموع مهم‌ترین کانون‌ها و نواحی مستعد تولید ریزگردها در این منطقه را دلتای آبادان و تپه‌های ماسه‌ای و شنزارها معرفی می‌کنند. در پژوهش دیگری که جهت ردیابی مناطق گردوغباری در خاورمیانه انجام گرفته است، پارامترهای مناسب قابل استخراج از روی ۲۸ تصویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس با استفاده از شاخص‌های اختلاف دمای درخشندگی در باندهای مادون قرمز حرارتی، پارامتر D (تلفیق باندهای انعکاسی و حرارتی) و شاخص نرمالیزه گردوغبار به دست آمده و سپس با استفاده از تکنیک رنگ کاذب از پارامترهای ردیابی غبار محاسبه شده در مرحله قبل نسبت به منشأیابی ریزگردها با استفاده از تفسیر بصری اقدام شده است. در نهایت با درون‌یابی نقاط به دست آمده در محیط GIS نقشه نواحی با تراکم متفاوت تولید ریزگردها ترسیم شده است (کریمی، ۱۳۹۰). در پژوهشی که با استفاده از تصاویر مودیس و داده‌های مؤلفه مداری، نصف‌النهاری، خطوط هم‌فشار و خطوط هم‌ارتفاع، جهت شناسایی منابع و کانون‌های برداشت ذرات معلق، الگو و نحوه

1- Tsolmon

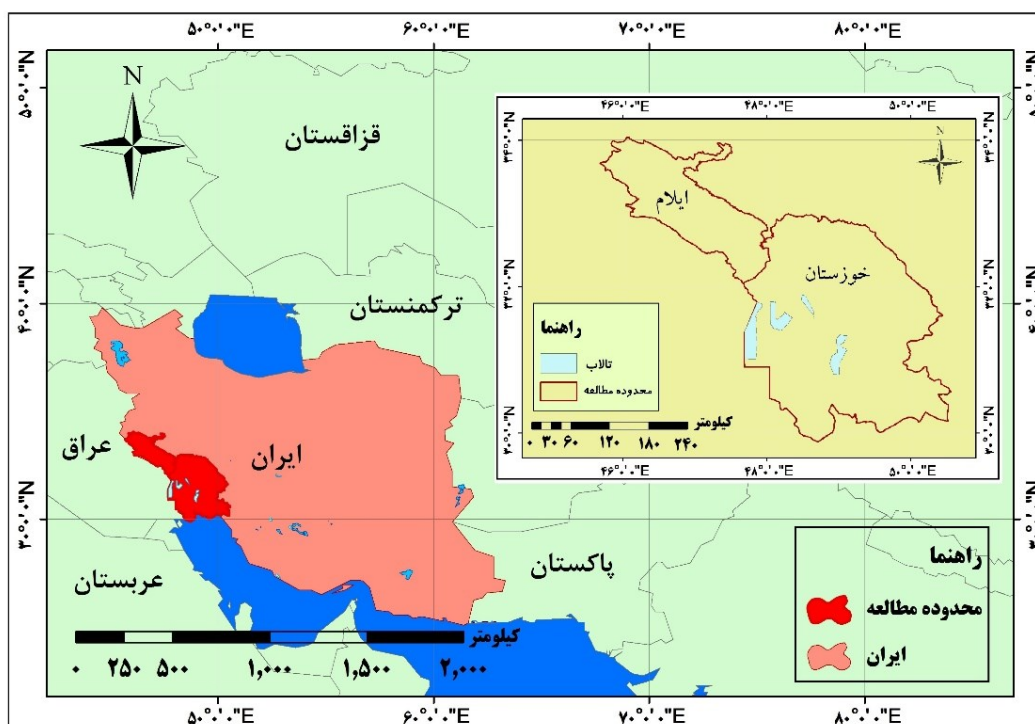
2- Advanced Very High Resolution Radiometer

3- Zoljoodi

شکل‌گیری و پراکنش گردوغبار برای رویداد گردوغبار ۱۸ تیر ۱۳۸۸ توسط شمسی‌پور و صفرراد (۱۳۹۱) انجام گرفته است، مناطق بیابانی واقع در کرانه‌های شمالی رود فرات در سوریه و مناطق بیابانی عراق را به عنوان کانون‌های تشکیل گردوغبار رویداد مورد مطالعه معرفی کرده‌اند. همچنین در تحقیق دیگری نیز که به بررسی ریزگردها در استان خوزستان و بوشهر پرداخته شده است، بارانی‌پور (۱۳۹۲) نتیجه‌گیری کرده است که ۵۸ درصد روزهای گردوغباری این مناطق منشأ داخلی داشته است. در ادامه پژوهش‌های انجام شده، این تحقیق با هدف بررسی قابلیت تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره نوآ در شناسایی منشأ تولید ریزگردها در وهله اول و سپس شناسایی منابع تولید ریزگردهایی که در داخل مرزهای جنوب غرب کشور قرار دارند انجام گرفته است.

معرفی منطقه مورد بررسی

منطقه جنوب غرب ایران که مورد مطالعه این پژوهش است را نمی‌توان در یک مرز سیاسی خاص محدود کرد. با این حال، به دلیل عدم سردرگمی در جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات، استان‌های خوزستان و ایلام را به عنوان مبنای پژوهش قرار داده و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز با استفاده از اطلاعات این استان‌ها انجام گرفته است. سازندهای زمین‌شناسی تشکیل‌دهنده منطقه اغلب مربوط به دوران سنوزوئیک که در استان خوزستان در دوره کواترنری و در استان ایلام در دوره پلیوسن شکل گرفته‌اند هستند. نوع خاک منطقه نیز از نوع حساس به فرسایش بوده و شامل انواع خاک‌های آبرفتی و رسوبی، لیتوسل، شورمردابی و خاک‌های بیابانی می‌شوند. از نظر اقلیمی منطقه مورد مطالعه به پنج پهنه شامل: پهنه کم‌بارش با رطوبت نسبی بالا، پهنه گرم و خشک، پهنه مرطوب و معتدل، پهنه پر بارش و پهنه معتدل و بارش‌مند تقسیم می‌شود. به طور کلی روی دامنه‌های بادگیر زاگرس با افزایش ارتفاع بارش زیاد شده و در بخش‌های مرتفع کوهستانی به دلیل صعود و تقویت سامانه‌های باران‌زا، بارش بیشتر از نواحی کوهپایه‌ای و دشت‌ها است (شکل ۱).



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش به دو دسته داده‌های هواشناسی و داده‌های ماهواره‌ای تقسیم می‌شوند که از داده‌های هواشناسی برای یافتن و انتخاب تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردیده است. از آنجا که در این تحقیق هدف، منشأیابی ریزگردها است، روزهای همراه با گردوغبار، با استفاده از داده‌های کدبندی‌شده هوای حاضر و میزان دید افقی ایستگاه‌های سینوپتیک استان‌های خوزستان و ایلام در دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۳ استخراج گردیدند. برای انتخاب تصاویر مناسب سعی گردید از همه وضعیت‌های غباری در سال‌های متفاوت روزهایی که دارای بیشترین دیده‌بانی غباری با کمترین قدرت دید باشند انتخاب گردند.

تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این پژوهش از سنجنده AVHRR سری ماهواره‌های نو^۱ هستند که با توجه به اطلاعات روزهای غباری تهیه گردیده و مورد پردازش و تحلیل قرار گرفته‌اند. داده‌های سنجنده AVHRR در دو فرمت موجود هستند: پوشش محلی^۲ با قدرت تفکیک مکانی ۱/۱ کیلومتر در نادر و پوشش جهانی^۳ با قدرت تفکیک ۱/۱ تا ۴ کیلومتر در نادر (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱: ۲۶۴). اگرچه سنجنده‌های دیگری با قدرت تفکیک رادیومتریکی و طیفی بالاتری جهت پایش پدیده ریزگردها وجود دارند، ولی سنجنده AVHRR به دلیل داشتن هم‌زمان چندین ماهواره در فضا و عرض نوار برداشت، دارای تصاویری در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت در طول شبانه‌روز است که می‌توان آنها را بر اساس داده‌های ساعتی هواشناسی و منطبق بر آمار ایستگاه‌های زمینی مورد استفاده قرار داد.

جهت انجام این تحقیق تعداد ۲۲۶ تصویر در ساعات مختلف روزهای مختلف تهیه گردید که در مراحل مختلف تصاویر نامطلوب به دلایل مختلف از جمله عدم کارایی بعضی از تصاویر به‌ویژه تصاویر GCA با قدرت تفکیک مکانی ۴ کیلومتر، عرض کم نوار برداشت و یا قرار نداشتن کل منطقه مورد مطالعه در تصویر یا عدم قابلیت شناسایی منشأ داخلی ریزگردها در تصویر، تعداد ۲۴ تصویر برای تحلیل و شناسایی انتخاب گردید (جدول ۱).

پس از گردآوری تصاویر جهت انجام تحلیل و شناسایی منشأ ریزگردها سه مرحله پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش بر روی تصاویر انجام گردید. پیش‌پردازش عملیاتی است که به منظور کاهش خطاها و بهینه‌سازی تصویر برای اهداف خاص استفاده می‌شود. این عملیات شامل سه مرحله تصحیح اتمسفری، تصحیح هندسی و تصحیحات رادیومتریکی است. کلیه مراحل عملیات پردازش با استفاده از نرم‌افزار ENVI 4.8 انجام گرفته است.

اولین اثر بصری اتمسفر روی تصاویر، کاهش کنتراست تصویر است. با سیستم پیچیده‌ای که اتمسفر برای انرژی‌های ثبت‌شده پیش می‌آورد، انرژی‌ها به صورت واقعی ثبت‌نشده و معمولاً به مقدار انرژی‌های ثبت‌شده اضافه می‌گردد. کاهش کنتراست تصویر باعث ضعیف نمودن قدرت آشکارسازی تصویر و پنهان شدن جزئیات آن می‌شود (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱: ۲۸). برای انجام تصحیح اتمسفری در این پژوهش، با توجه به وجود پهنه آبی خلیج فارس از روش کاهش ارزش‌های عددی پیکسل‌های تیره^۴ برای باندهای انعکاسی^۱ استفاده

1- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

2- Local Area Coverage (LCA)

3- Global Area Coverage (GCA)

4- Dark Subtract

جدول ۱. مشخصات تصاویر نوا استفاده شده در پژوهش

ردیف	ماهواره	تاریخ	ساعت	کد هواشناسی	برخی از ایستگاه‌های مشاهده کننده
۱	NOA14	۲۰۰۰/۰۹/۰۲	۱۳:۰۸	۷-۶	اهواز، مسجدسلیمان، دزفول، ماهشهر، آبادان
۲	NOA17	۲۰۰۵/۰۸/۰۸	۷:۴۷	۶	اهواز، بستان، آبادان، مسجدسلیمان، ایلام، دهلران
۳	NOA18	۲۰۰۶/۰۷/۰۷	۱۰:۰۹	۷-۶	دزفول، آبادان، اهواز، مسجدسلیمان، بستان، همدان
۴	Metop	۲۰۰۸/۰۴/۱۸	۶:۳۴	۶	اهواز، سرپل ذهاب، کرمانشاه، دهلران، آبادان، دزفول
۵	NOA18	۲۰۰۸/۰۴/۱۸	۱۰:۱۷	۶	دزفول، بستان، اهواز، دهلران، آبادان، ماهشهر، سنندج
۶	NOA18	۲۰۰۸/۰۶/۱۷	۱۰:۰۵	۶	آبادان، اهواز، بستان، دهلران، کرمانشاه، ماهشهر
۷	Metop	۲۰۰۸/۰۷/۲۸	۷:۲۳	۷-۶	دزفول، آبادان، اهواز، ایلام، اسلام آباد غرب، سرپل ذهاب
۸	NOA18	۲۰۰۸/۰۷/۲۹	۹:۲۸	۶	سرپل ذهاب، خرم آباد، دزفول، مسجدسلیمان، یاسوج
۹	Metop	۲۰۰۸/۰۹/۱۶	۶:۱۱	۷-۶	دزفول، مسجدسلیمان، بستان، اهواز، دهلران، ماهشهر
۱۰	NOA17	۲۰۰۸/۰۹/۱۷	۶:۲۷	۶	آبادان، اهواز، مسجدسلیمان، بستان، دهلران، الیگودرز
۱۱	Metop	۲۰۰۸/۰۹/۱۷	۷:۳۰	۶	آبادان، اهواز، مسجدسلیمان، بستان، دهلران، الیگودرز
۱۲	NOA18	۲۰۰۸/۰۹/۱۸	۱۰:۳۸	۶	دزفول، بستان، مسجدسلیمان، اهواز، دهلران، یاسوج
۱۳	Metop	۲۰۰۹/۰۷/۰۵	۱۸:۲۶	۶	دهلران، ایلام، بستان، دزفول، مسجدسلیمان، ماهشهر
۱۴	NOA19	۲۰۰۹/۰۷/۱۳	۹:۵۴	۶	آبادان، اهواز، بستان، مسجدسلیمان، ایلام، ماهشهر
۱۵	Metop	۲۰۰۹/۰۷/۱۴	۷:۲۳	۶	مسجدسلیمان، دزفول، دهلران، اسلام آباد غرب، یاسوج
۱۶	NOA19	۲۰۰۹/۰۷/۱۴	۹:۴۳	۶	مسجدسلیمان، دهلران، دزفول، اهواز، ایلام، آبادان، بستان
۱۷	NOA19	۲۰۰۹/۰۷/۳۰	۱۰:۲۰	۶	آبادان، ماهشهر، اهواز، بستان، دهلران، دزفول، سرپل ذهاب
۱۸	NOA19	۲۰۰۹/۰۷/۳۱	۶:۳۱	۶	بستان، دزفول، آبادان، مسجدسلیمان، ایلام، دهلران
۱۹	NOA19	۲۰۰۹/۰۷/۳۱	۱۰:۱۰	۶	بستان، اهواز، ماهشهر، آبادان، مسجدسلیمان، ایلام، دهلران
۲۰	NOA19	۲۰۱۰/۰۷/۲۲	۹:۲۶	۶	ماهشهر، آبادان، بستان، اهواز، ایلام، دهلران، دزفول
۲۱	NOA19	۲۰۱۱/۰۴/۱۳	۱۰:۳۲	۶	بستان، آبادان، اهواز، ایلام، دهلران، مسجدسلیمان، ماهشهر
۲۲	NOA19	۲۰۱۲/۰۶/۰۲	۹:۴۱	۳۱-۷-۶	بستان، اهواز، ایلام، ماهشهر، آبادان، مسجدسلیمان
۲۳	Metop	۲۰۱۳/۰۶/۱۰	۶:۵۷	۷-۶	آبادان، بستان، اهواز، دزفول، ایلام، دهلران، ماهشهر
۲۴	NOA19	۲۰۱۳/۰۷/۲۰	۹:۴۳	۷-۶	ماهشهر، بستان، دوگنبدان

گردید. این تکنیک بر این فرض استوار است که برخی پیکسل‌ها در تصاویر باید دارای بازتابندگی صفر باشند و ارزش‌های ثبت شده برای این پیکسل‌ها ناشی از آثار پخش اتمسفری است؛ بنابراین ارزش این پیکسل‌ها در حقیقت مقادیر پخش اتمسفری را به نمایش می‌گذارند (رسولی، ۱۳۸۷: ۱۳۷).

خطاهای هندسی موجود در تصاویر ماهواره‌ای در اثر عوامل زیادی همچون انحنای زمین، حرکت زمین و ماهواره در هنگام تصویربرداری، ناهمواری سطح زمین، نوسان سکو و... ایجاد می‌شوند. جهت برطرف کردن این خطاها روش‌های مختلفی وجود دارد که هدف همه آن‌ها منظم کردن اندازه پیکسل‌ها و مشخص کردن موقعیت مکانی هر تصویر است. جهت تصحیح هندسی تصاویر از روش نزدیک‌ترین همسایه^۱ استفاده گردید. تصحیحات رادیومتریکی شامل آن دسته از تصحیحات می‌شود که فقط روی درجات خاکستری انجام شده و با تغییر مقادیر آنها به صورت مجزا (پیکسل به پیکسل)، سعی در جبران بعضی از خطاها دارد (فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱: ۱۸۴). این عملیات شامل تبدیل داده‌های اولیه به مقادیر تابش و بازتابش است (زینالی،

1- Reflectance

2- Nearest Neighbour Resampling

۱۳۹۲). در تصاویر نوآ از انجام کالیبراسیون برای تبدیل باندهای ۱ و ۲ به درصد بازتابندگی^۱ و باندهای ۳ و ۴ و ۵ به دمای درخشندگی^۲ استفاده شد.

عمل آشکارسازی ریزگردها عبارت است از تفکیک و شناسایی ابرهای گردوغبار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای که این امر بر اساس خصوصیات تابش و پراکنش ذرات گردوغبار انجام می‌گیرد؛ بنابراین می‌توان با استفاده از داده‌های سنجنش از دور طوفان‌های ریزگرد را شناسایی کرده و به صورت نقشه درآورد. این امر در طول موج‌های مختلف با درجات موفقیت متفاوت امکان‌پذیر است.

شاخص اختلاف دمای روشنایی (BTD)

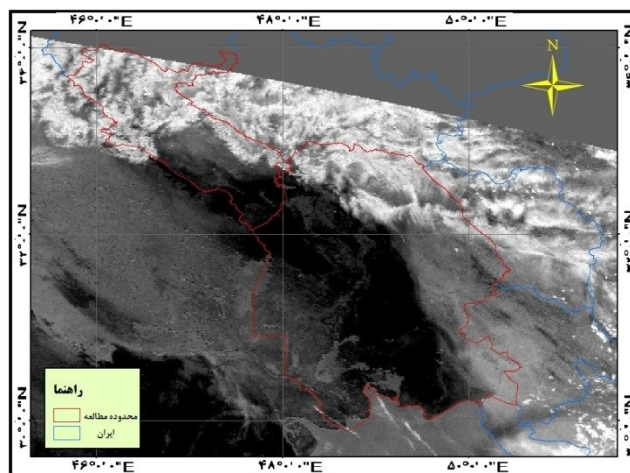
باندهای ۴ ($10/3-11/3 \mu m$) و ۵ ($11/5-12/5 \mu m$) نوآ در محدوده پنجره حرارتی مادون قرمز هستند که در این محدوده جذب به وسیله دیگر گازهای اتمسفری بسیار ناچیز است. در هر کدام از باندهای ۴ و ۵، میزان اختلاف دما بین زمین، گردوغبار و ابر بالا است ولی گردوغبار نسبت به سایر پدیده‌ها دمای بالاتری در باند ۵ نسبت به باند ۴ دارد. از این رو، باندهای ۴ و ۵ و اختلاف دمای تابندگی بین این دو باند می‌تواند در تشخیص پدیده ریزگردها بر روی تصاویر به کار گرفته شود. دمای تابندگی از تبدیل داده‌های باندهای ۴ و ۵ با استفاده از عکس معادله پلانک تهیه می‌شود (ون، ۱۹۹۹). دمای درخشندگی که دمای متناظر با انرژی تابشی دریافت شده از سطح توسط سنجنده است و بدون در نظر گرفتن گسیل‌مندی محاسبه شده است با دمای واقعی متفاوت بوده و از معکوس کردن معادله پلانک به دست می‌آید.

شاخص اختلاف دمای روشنایی با رابطه ۱ محاسبه می‌شود. این روش را اولین بار آکرمن به منظور آشکارسازی گردوغبار در تصاویر مودیس به کار گرفت و نتیجه گرفت مقادیر منفی این شاخص نشان‌دهنده گردوغبار است. در سنجنده AVHRR نیز با استفاده از این شاخص ریزگردها با ارزش‌های عددی منفی و ابر با ارزش‌های عددی مثبت بر روی تصویر تفکیک می‌شوند (سالومون و همکاران، ۲۰۰۸).

$$BTDI = Ch4 - Ch5 \text{ by AVHRR/NOAA}$$

رابطه ۱

شکل ۲ نمونه‌ای از تصویر آشکارسازی ریزگردها با روش اختلاف دمای روشنایی مربوط به تاریخ هجدهم آوریل ۲۰۰۸ را نشان می‌دهد که توده‌های غبار با رنگ سیاه در آن مشخص شده است.



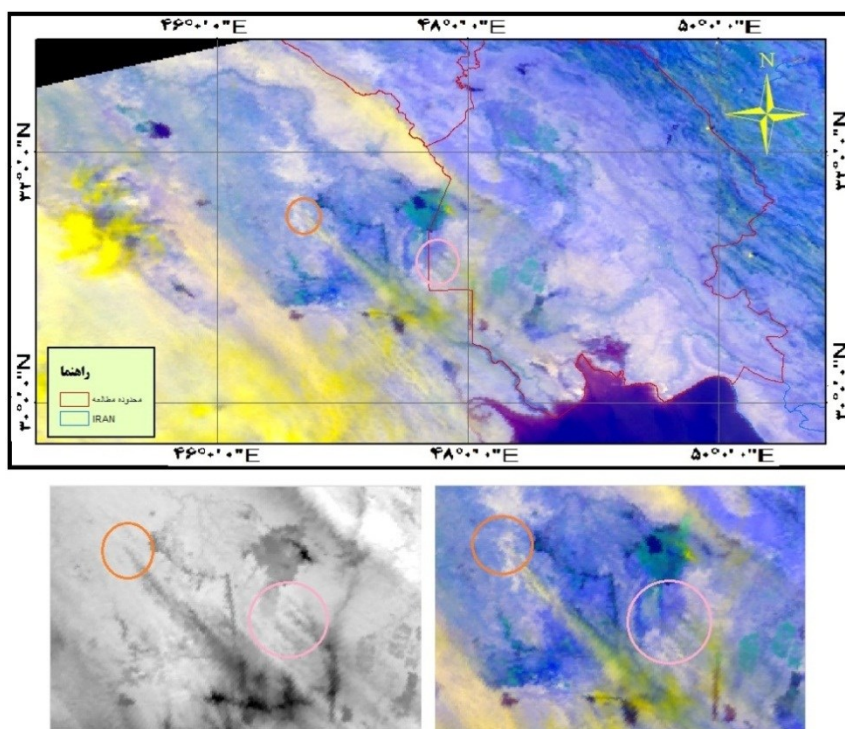
شکل ۲. تصویر آشکارسازی شده با شاخص اختلاف دمای روشنایی در تاریخ ۲۰۰۸/۴/۱۸

ترکیب رنگی کاذب

ساخت ترکیب رنگی کاذب با ترکیب باندهای مختلف می‌تواند سبب بارز شدن ریزگردها در تصاویر ماهواره‌ای گردد. ترکیب کاذب مورد استفاده در تصاویر سنجنده AVHRR ترکیب R:1 G:2 B:4 است (ریورا، ۲۰۰۶) که غبار را به رنگ زرد متمایز می‌کند. با استفاده از این روش می‌توان غبارهای نسبتاً غلیظ را در هوای صاف شناسایی کرد. ولی در شناسایی ریزگردها در حضور ابرها و در غبارهای با غلظت کم، دقت کافی را نداشته و شناسایی را با مشکل مواجه می‌کند. نمونه‌ای از این ترکیب در شکل ۳ نشان داده شده است که توده غبار را به رنگ زرد کم‌رنگ و لکه‌های ابر را با زرد پررنگ متمایز کرده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود با اضافه کردن بزرگنمایی تصویر چشمه‌های ایجاد ریزگرد به صورت بصری قابل ملاحظه بوده و شناسایی می‌شوند. استفاده هم‌زمان از ترکیب رنگی کاذب شرح داده شده، با تصویر باند ۴ سنجنده در کنار هم می‌تواند تفسیر بصری را تسهیل کرده و تا حدودی محدودیت تصویر رنگ کاذب را جبران کند.

مدل انتشار گوسی

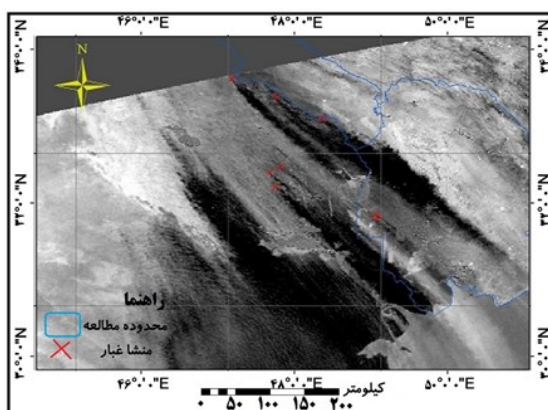
قاعده تشخیص خاستگاه ریزگردها در این تحقیق مدل انتشار گوسی پلوم بوده است. مدل‌های مختلفی برای شبیه‌سازی انتشار آلاینده‌ها وجود دارد. این مدل‌ها فرایندهای انتقال و پراکنش آلودگی در جو را تعیین می‌کنند. در مدل‌های مختلف، روش‌های گوناگونی برای نمایش یا پارامترسازی فرایندهای مختلف نظیر انتقال، پراکنش، پخش، نهشت تر و خشک و تبدیلات شیمیایی وجود دارد. در مقیاس میانی و قاره‌ای، انتقال ناشی از باد و نهشت‌ها بزرگترین فرآیند هستند. مدل گوسی به سه بخش منبع نقطه‌ای، منبع خطی و منبع سطحی تقسیم می‌شود. ساده‌ترین آن وقتی است که منبع تولید آلاینده به صورت یک نقطه در نظر گرفته شود. بر این اساس وقتی یک مخروط انتشار ریزگرد در تصویر دیده شود، رأس مخروط بیانگر نقطه شروع پلوم یا خاستگاه گردوغبار است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۰).



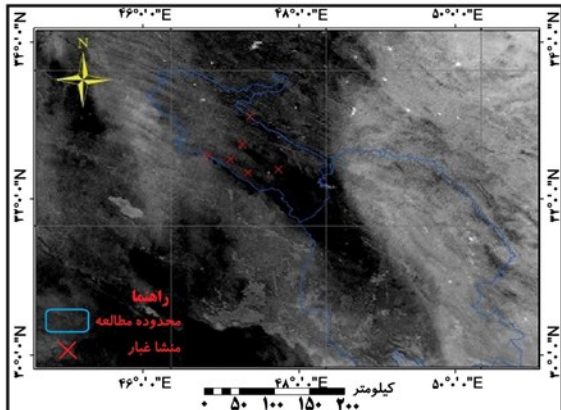
شکل ۳. تصویر رنگ کاذب (R:1 G:2 B:4) و تصویر باند ۴ سنجنده AVHRR در تاریخ ۲۰۰۹/۷/۱۳

نتایج

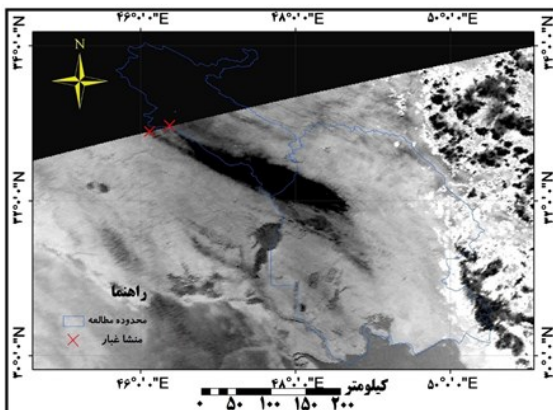
با توجه به روش‌های ذکر شده و مشاهده تصاویر ایجاد شده می‌توان به این نتیجه رسید که برای تشخیص چشمه ایجاد ریزگردها استفاده هم‌زمان از سه تصویر اختلاف دمای روشنایی، رنگ کاذب و باند ۴ در کنار هم می‌تواند مفسر را در تفسیر بصری و شناسایی دقیق‌تر یاری دهد. بر این اساس برای هر کدام از ۲۴ تصویر انتخاب شده سنجنده AVHRR سه تصویر فوق تهیه شده و خاستگاه تولید ریزگردها بر اساس مدل انتشار گوسی پلوم، حتی‌الامکان با دقت زیاد شناسایی و مختصات جغرافیایی آنها ثبت گردید. بنابراین تعداد ۶۲ نقطه با استفاده از تصاویر این سنجنده که در داخل مرزها و یا در نزدیکی و مجاورت مرزهای جنوب غرب کشور قرار دارند مشخص گردید که چند نمونه از این تصاویر در شکل‌های ۴ تا ۷ نشان داده شده است. پس از شناسایی نقاط منشأ تولیدکننده ریزگردها بر روی تصاویر ماهواره‌ای و ثبت موقعیت جغرافیایی آنها و انتقال نتایج حاصل به نرم‌افزار Arc GIS بر روی محدوده منطقه مورد مطالعه جانمایی شدند (شکل ۸)؛ سپس با استفاده از تابع تراکم^۱ در محیط GIS، میزان تجمع نقاط شناسایی شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی تراکم نقاط نشان می‌دهد که سه منطقه مهم در تولید ریزگردها که دارای بیشترین تراکم از لحاظ منشأیابی چشمه‌های تولید ریزگردها هستند وجود دارد. ریزگردها در این مناطق بیشتر تحت تأثیر بادهای شمال غربی بود و آلودگی را به سمت جنوب شرقی پراکنده می‌کنند.



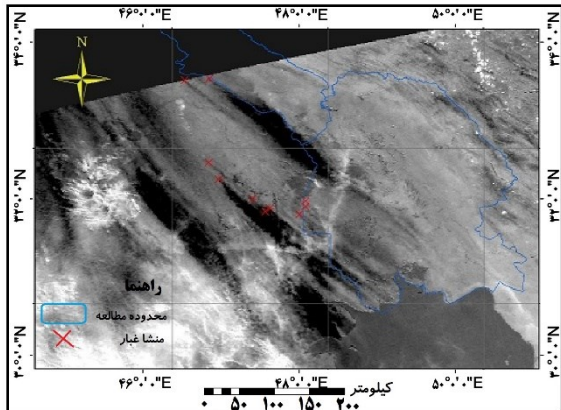
شکل ۵. چشمه‌های شناسایی شده در تصویر تاریخ ۲۰۱۲/۶/۱۲



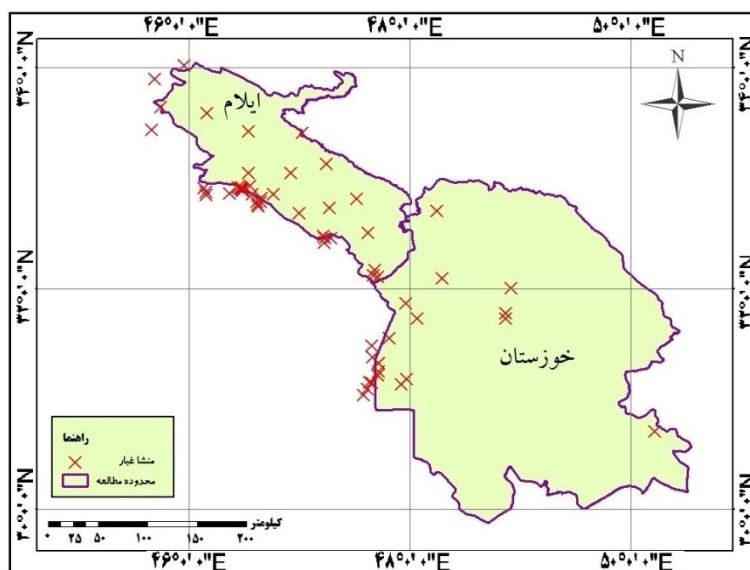
شکل ۴. چشمه‌های شناسایی شده در تصویر تاریخ ۲۰۱۳/۶/۱۰



شکل ۷. چشمه‌های شناسایی شده در تصویر تاریخ ۲۰۰۸/۷/۲۹

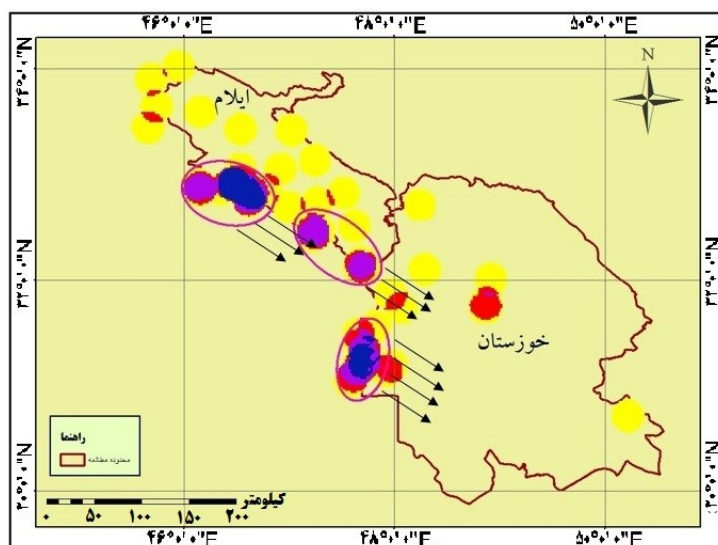


شکل ۶. چشمه‌های شناسایی شده در تصویر تاریخ ۲۰۰۹/۷/۱۳



شکل ۸. جانمایی نقاط منشأیابی شده بر روی منطقه مورد مطالعه

منطقه اول در جنوب غربی استان ایلام و در مرز این استان با کشور عراق قرار گرفته است که از لحاظ تراکم بیشترین تعداد نقاط را به خود اختصاص می‌دهد. غبار حاصل از این منطقه، عمدتاً وارد کشور نشده و به سمت جنوب کشور همسایه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. منطقه دوم در مرز جنوبی استان ایلام و مرز شمالی استان خوزستان و تلاقی آن با کشور عراق و اطراف آن قرار داشته و غبارآلودگی ناشی از آن به شمال غرب خوزستان وارد شده و گاهی تا مرکز آن نیز پیش می‌رود. منطقه سوم در غرب خوزستان، مرز عراق و در نواحی پست مجاور تالاب هورالعظیم قرار گرفته است. اگرچه تراکم نقاط منشأیابی شده در این منطقه نیز زیاد بوده و تکرار پدیده غبارآلودگی آن نیز زیاد است، اما از لحاظ حجم ریزگردها مانند دو منطقه قبلی نیست. آلودگی ناشی از ریزگردهای این منطقه نیز به سمت جنوب خوزستان کشیده می‌شود. در دیگر مناطق جنوب غرب کشور نیز نقاطی شناسایی گردیده‌اند که به جز منطقه‌ای در مرکز استان خوزستان بقیه با توجه به پراکندگی وسیع و تراکم کم، اهمیت چندانی ندارند. شکل ۹ مناطق سه‌گانه و جهت حرکت ریزگردها از این مناطق به اطراف را نشان می‌دهد.



شکل ۹. مناطق منشأیابی شده ریزگردها در جنوب غرب کشور

بررسی مناطق شناسایی شده تولیدکننده ریزگردها از لحاظ شرایط محیطی نشان می‌دهد وجود شرایط زمین‌شناسی و خاک‌شناسی حساس به فرسایش و پوشش گیاهی ناچیز در این مناطق به عنوان محافظ خاک در مقابل عوامل فرساینده و همچنین پست و هموار بودن این مناطق، به شدت بر استعداد آنها در تولید ریزگردها افزوده است.

بحث

طبق یافته‌های حاصل از نتایج این پژوهش که با بررسی میزان پراکندگی نقاط حاصل از آشکارسازی چشمه‌های تولید ریزگردها بر روی تصاویر ماهواره‌ای نوآ به دست آمده است، سه منطقه که دارای بیشترین تراکم از لحاظ تجمع نقاط حاصل است به عنوان مناطق مهم تولید ریزگردهای واقع در جنوب غرب کشور معرفی شده‌اند. اگرچه پراکندگی این نقاط در دیگر مناطق و به‌ویژه در استان ایلام نیز وجود دارد، ولی تراکم آنها در مشاهدات مختلف در حد قابل توجهی نبوده و برای مدیریت و مقابله با اثرات سوء این پدیده، سه منطقه معرفی شده در پژوهش توصیه می‌گردد.

همان‌طور که در تحقیقات متعددی که در زمینه ریزگردها انجام گرفته مانند پژوهش انگستادلر (۲۰۰۱) و جلالی و داوودی (۲۰۰۸)، مناطق غرب و جنوب غرب ایران جزء مناطق با فراوانی بالای وقوع این پدیده قرار داشته و همچنین در تحقیقات متعددی مانند پورعلی (۱۳۹۰) و فیاضی (۱۳۹۳)، بر شدت افزایش پدیده ریزگردها در مناطق جنوب غرب کشور در سال‌های اخیر تأکید شده است.

در این پژوهش نیز در راستای تحقیقات قبلی، هدف شناسایی و معرفی منشأ ریزگردهای واقع در جنوب غرب کشور، به علت در دسترس بودن آنها، جهت کنترل، مدیریت و کاهش اثرات ریزگردها بوده است. استفاده از تصاویر ماهواره نوآ و روش‌های آشکارسازی بر روی آنها جهت بارزسازی ریزگردها اگرچه در تحقیقات داخلی کمتر صورت گرفته است، اما در تحقیقات خارجی مانند ریورا و همکاران (۲۰۰۶) و سالمون و همکاران (۲۰۰۸) به وفور استفاده شده و نتایج قابل قبولی نیز به همراه داشته است. بر این اساس به دلیل در دسترس بودن داده‌های این ماهواره و پایش مداوم آن از سطح زمین در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت، از تصاویر این ماهواره در این پژوهش استفاده گردیده است. در تحقیقات انجام شده برای پایش و شناسایی ریزگردهای جنوب غرب کشور که بیشتر با استفاده از روش‌های اقلیمی و درجه بعدی با تکنیک‌های سنجش از دور انجام گرفته است، منشأ اصلی ریزگردهای این منطقه را خارج از کشور و به‌ویژه عراق، سوریه و عربستان معرفی کرده‌اند (مانند عطایی و احمدی، ۱۳۸۹) که انتخاب ۲۴ تصویر از بیش از ۱۰۰ تصویر همراه با ریزگرد دانلود شده ماهواره نوآ که تنها قادر به شناسایی منشأ داخلی تولید ریزگردها باشد نیز مؤید این مطلب است. با این حال بعضی از تحقیقات که در مقیاس‌های بزرگتر و در سطوح منطقه‌ای انجام گرفته است، مانند طاووسی و همکاران (۱۳۸۹)، پورعلی و همکاران (۱۳۹۰) و بارانی‌پور (۱۳۹۲)، بخش‌هایی از مناطق جنوب غرب کشور را نیز به عنوان منشأ تولید ریزگردها معرفی کرده‌اند که یافته‌های این پژوهش نیز ضمن تأیید تحقیقات صورت گرفته، به طور واضح این مناطق را شناسایی و معرفی نموده است.

نتیجه‌گیری

در مجموع با استفاده از ۲۴ تصویر AVHRR و استفاده از تکنیک‌های آشکارسازی، تعداد ۶۲ نقطه به عنوان منشأ تولید ریزگردها شناسایی شد که با استناد به تجمع مجموع این نقاط، سه منطقه تولید ریزگردها در

جنوب غرب کشور مشخص گردید. این مناطق به ترتیب: الف: در غرب ایلام و مرز این استان با عراق است که ریزگردهای ناشی از آن اغلب وارد خاک کشورمان نمی‌شود. ب: جنوب ایلام، شمال خوزستان و تلاقی آنها با مرز عراق که عامل اصلی ریزگردهای شمال خوزستان به حساب می‌آید و ج: نواحی اطراف تالاب هورالعظیم که خشک شدن آن عامل ایجاد رسوبات ریزدانه‌ای است که به راحتی توسط باد فرسایش یافته و کاملاً غرب و جنوب غرب خوزستان را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

مقایسه نتایج حاصل از پژوهش با نتایج دیگر پژوهش‌ها به‌ویژه پژوهشی که مهدیان و رضایی‌مقدم (۱۳۹۴) در جنوب غرب کشور و با تصاویر سنجنده مودیس انجام داده‌اند مشابهت داشته و مناطق مشابهی مورد شناسایی قرار گرفته‌اند.

در مورد شرایط محیطی مناطق منشأ معرفی شده، این مناطق از لحاظ زمین‌شناسی واقع بر سازندهای جوان کواترنری هستند که شامل رسوبات آبرفتی ریزدانه بوده و این مناطق را حساس به فرسایش می‌کنند.

منابع

بارانی‌پور، افسانه (۱۳۹۲) **سهم جلگه‌های ساحلی جنوب ایران در تولید ریزگردهای اقلیمی**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: دکتر محمدحسین رامشت، دانشگاه اصفهان.

پورعلی، ملیحه؛ تقی‌زاده، عبدالحکیم (۱۳۹۰) بررسی علل و منشأ ایجاد گردوغبار در استان خوزستان، **رشد آموزش جغرافیا**، ۲۵ (۳)، صص. ۱۳-۸.

رسولی، علی‌اکبر (۱۳۸۷) **مبانی سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای**، انتشارات دانشگاه تبریز، تبریز.

زینالی، بتول (۱۳۹۲) **شناسایی و پایش طوفان‌های شاخص گردوغباری ایران با استفاده از سنجنده‌های MODIS و AVHRR**. رساله دکتری، استاد راهنما: سعید جهانبخش اصل، دانشگاه تبریز.

شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ صفرزاد، طاهر (۱۳۹۱) تحلیل هم‌دیدگی - ماهواره‌ای پدیده گردوغبار (گردوغبار تیر ۱۳۸۸)، **پژوهش‌های جغرافیای طبیعی**، ۴۴ (۷۹)، صص. ۱۲۶-۱۱۱.

طاوسی، تقی؛ خسروی، محمود؛ رئیس‌پور، کوهزاد (۱۳۸۹) پدیده گردوغبار مهم‌ترین بحران زیست‌محیطی در استان خوزستان، **مجله سیاسی اقتصادی**، ۲۷۳-۲۷۴، ص. ۱۶۶.

عطایی، هوشمند؛ احمدی، فریبرز (۱۳۸۹) گردوغبار به عنوان یکی از معضلات زیست‌محیطی جهان اسلام مطالعه موردی: استان خوزستان، **مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان**، دانشگاه سیستان و بلوچستان، صص. ۱۹-۱.

فاطمی، سید باقر؛ رضایی، یوسف (۱۳۹۱) **مبانی سنجش از دور**، چاپ سوم، انتشارات آزاده، تهران.

فیاضی، محمدعلی (۱۳۹۳) **بررسی و ارزیابی الگوریتم‌های آشکارسازی گردوغبار بر روی تصاویر ماهواره‌ای مودیس مطالعه موردی جنوب غرب ایران**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: محمدحسین رضایی مقدم، دانشگاه تبریز.

کریمی، خدیجه (۱۳۹۰) **بررسی طوفان‌های گردوغبار و اثرات زیست‌محیطی آنها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در غرب و جنوب غرب ایران**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: ناصر حافظی مقدس و دکتر حمید طاهری، دانشگاه صنعتی شاهرود.

کریمی، خدیجه؛ حافظی مقدس، ناصر؛ طاهری، حمید؛ حبیبی نوخندان، مجید (۱۳۹۰)، شناسایی خاستگاه‌های تولید طوفان گردوغبار در خاورمیانه با استفاده از سنجش از دور، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، ۲ (۷ و ۸)، صص. ۷۲-۵۷.

مهدیان بروجنی، مجتبی (۱۳۹۴) منشأ‌یابی ریزگردها با پردازش تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی جنوب غرب ایران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: محمد حسین رضایی‌مقدم، دانشگاه تبریز.

- Ackerman, S. A. (1997) Remote Sensing Aerosols Using Satellite Infrared Observations, **Geophysical Research**, 14 (102), pp. 17069-17079.
- Dash, P., Gotische, F. M., Olesen, F. S., Fischer, H. (2001) Retrieval of Land Surface Temperature and Emissivity from Satellhte Data: Physics, Theoretical Limitations and Current Methods, **the Indian Society Sensing**, 29 (1&2), pp. 23-30.
- Engstadler, S. (2001) **Dust Storm Frequencies and Their Relationships to Land Surface Conditions**, Jena. Germany.
- Jalali, N., Davoudi, M. H. (2008) Inspecting the Origins and Causes of the Dust Storms in the Southwest and West Parts of Iran and the Regions Affected, **Internal Reports of Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI)**, Iran.
- Mei, D., Xiushan, L., Lin. S., Ping, W. (2008) A Dust Storm Process Dynamic Monitoring with Multi-Temporal MODIS data, **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science**, 37, pp. 965-970.
- Rivera, N. I., Bleiweiss, M. P., Hand, J. L., Gill, T. E. (2006) **Characterization of Dust Storms Sources in Southwestern U. S and Northwestern Mexico Using Remote Sensing Imagery**, Preprints of the 14th Conference on Satellite Meteorology and Oceanography, American Meteorological Society, Atlanta, pp. 1-29.
- Tsolmon, R., Ochirkhuyag, L., Sternberg, T. (2008) Monitoring the Source of Trans-National Dust Storms in North East Asia, **International Journal of Digital Earth**. 1(1), pp. 119-129.
- Wan, Z. (1999) **MODIS Landsurface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document**, Institute for Computational Earth System Science University of California Santa Barbara, 3, pp. 1-77.
- Zoljoodi, M., Didevarasl, A., Ranjbar Saadatabadi, A. (2013) Dust Events in the Western Parts of Iran and the Relationship with Drought Expansion over the Dust-Source Areas in Iraq and Syria, **Atmospheric and Climate Sciences**, 3, pp. 321-336.

