

اثرات خشک سالی بر فرساینده‌گی باد و فرسایش

در منطقه‌ی سیستان با استفاده از تصاویر چند زمانه‌ی ماهواره‌ای

دکتر معجد ولی شریعت پناهی

عضو هیأت علمی گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد

شهرری

مهندس مهناز لامعی

کارشناس مرکز تحقیقات آب و خاک

دکتر محسن رحیمی

عضو هیأت علمی گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد

شهرری

مهندس فاضل ایرانمنش

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات آب و خاک

چکیده

نیازمند بود، از تصاویر سنجنده‌ی «AVHRR» از ماهواره‌ی NOAA و سنجنده‌ی «MODIS» از ماهواره‌ی «TERRA» که دارای ویژگی‌های فوق است و بازه و سیعی از انرژی تابشی را در محدوده‌های طیفی مرئی و نامرئی دریافت می‌کند، برای برخی از اهداف طرح استفاده شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهند که در فرایند خشک سالی و خشک شدن هامون‌ها، به خصوص هامون صابری (سابوری) به عنوان عمده‌ترین محل برداشت و مرکز طوفان‌ها به شمار می‌آید و پس از آن، هامون پوزک و هامون هیرمند در درجات بعدی اهمیت قرار می‌گیرند. اراضی کشاورزی رها شده در اثر خشک سالی نیز یکی دیگر از مناطق مستعد برای فرساینده‌گی باد هستند.

کلید واژه‌ها: سیستان، فرساینده‌گی، تصاویر چندزمانه‌ی ماهواره‌ای، خشک سالی، زابل، هامون

مقدمه

افزایش جمعیت جهان با نرخ ۱٫۷ درصد از این نکته حکایت دارد که تولید غذا می‌باید به طور مداوم افزایش یابد تا از کمبودهای غذایی جلوگیری شود. خشکی و خشک سالی مهم‌ترین عوامل تنش زای محیطی هستند که تولید محصولات کشاورزی را با مشکل مواجه

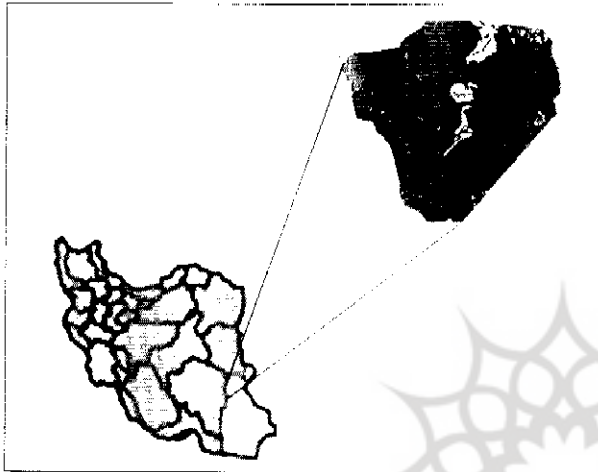
منطقه‌ی سیستان با مرکزیت شهرستان زابل، عمدتاً دشت پهناوری است که در شمال شرقی استان سیستان و بلوچستان و در شرق ایران است. یکی از خصوصیات اصلی این دشت طوفان‌های شن و گرد و غبار است. گرچه این گونه طوفان‌ها در منطقه‌ی سیستان از اعصار گذشته تاکنون وجود داشته‌اند، ولی به دلیل خشک سالی‌های متوالی و بستن آب سد کجکی که باعث خشک شدن هامون و بستن رودخانه‌ی هیرمند شده، شدت عمل آن به مراتب بیشتر شده است. به سبب این امر، بسیاری از زمین‌های کشاورزی و اراضی مستعد، دچار بادبردگی و انتقال ذرات رویه‌ی خاک شده‌اند و یا در اثر حرکت شن‌های روان، زیر ماسه‌ها مدفون گشته‌اند. آثار چنین پدیده‌ای باعث پایین آمدن درآمد، کاهش محصولات، از بین رفتن زمین‌های کشاورزی، کاهش ظرفیت چرا، افزایش یار رسوبی رودخانه‌ها و افزایش سیل، افزایش شوری آب، کاهش پوشش گیاهی و حیات وحش، مهاجرت، آلودگی هوا و مشکلات تنفسی خواهد شد.

در تحقیق حاضر، ضمن بررسی وضعیت خشک سالی اقلیمی، هیدرولوژی و کشاورزی، وضعیت فرساینده‌گی باد و سطوح مناطق تحت فرسایش بادی مورد بررسی قرار گرفته است. از آن جا که تشخیص این موارد به تصاویری با پوشش زیاد و قابلیت تکرار در روز

نتایج و بحث

۱. موقعیت منطقه

ناحیه‌ی سیستان با ۸۱۱۷ کیلومتر مربع، در قسمت شمالی این استان بین عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۵ دقیقه شرقی قرار دارد. منطقه‌ی سیستان با مرکزیت شهرستان زابل عمده‌تأ دشت پهناوری است که در شمال شرقی استان سیستان و بلوچستان و در شرق ایران واقع است و حوزة‌ی مسطح و مسدودی است که از آبرفت‌های دلتای قدیمی و فعلی رود هیرمند تشکیل شده است.



نقشه‌ی ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

۲. جغرافیای طبیعی منطقه

دشت سیستان از نظر زمین شناسی عمومی دنباله‌ی بلوک هلمند است. این دشت که گسل هریرود در غرب آن واقع است، از بقایای دریایی دوران سوم است که بعداً در اثر حرکات تکتونیکی و آخرین فاز کوه زایی آلپی (پاسادین) به شکل چاله‌ای درآمد است. سپس در اثر انباشته شدن رسوبات و آبرفت‌های حاصل از آب‌های جاری (به ویژه هیرمند) پر شده و به شکل کنونی درآمد است. این دشت، دشتی رسوبی آبرفتی و دریاچه‌ای آب شیرین است. به نظر می‌رسد، حوضه‌ی رسوبی ضمن دریافت رسوبات در حال فرونشینی بوده است و این عمل در حال حاضر نیز ادامه دارد.

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته، سیستان از لحاظ طبقه بندی اقلیمی در ناحیه‌ی اقلیمی بیابانی و خشک قرار دارد. متوسط بارندگی در ایستگاه زابل و زهک به ترتیب ۶۵ میلی متر و ۵۱/۲ میلی متر و میانگین درجه‌ی حرارت ۲۲/۲ و ۲۱/۳ درجه‌ی سانتی گراد است. میزان رطوبت نسبی در منطقه بسیار پایین و بین ۳ تا ۵۰ درصد به طور میانگین در نوسان است [سازمان هواشناسی].

مهم ترین رودهای تأمین کننده‌ی آب منطقه، هیرمند، هریرود، رود خشک، فراه رود، خاش رود، رود بندان و رود شور هستند که در میان آن‌ها، رودخانه‌ی هیرمند از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای برخوردار

می‌سازند. وقوع پدیده‌ی خشک سالی به تغییرات و نوسانات بارندگی و دما بستگی دارد. با وجود این که بیش از ۵ میلیون هکتار از اراضی کشور تحت سیطره‌ی رسوبات ناشی از طوفان‌ها و فرسایش بادی قرار دارند، متأسفانه تاکنون مطالعات محدودی در این زمینه صورت گرفته‌اند. پدیده‌ی خشک سالی در سال‌های گذشته در کشور ما و به ویژه در منطقه‌ی سیستان بارها اتفاق افتاده و آثار و پیامدهای نامطلوب خود را نشان داده است. در این تحقیق، علاوه بر روش‌های تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای و تلفیق تصاویر، از داده‌های اقلیمی نیز استفاده شده است.

روش تحقیق و مراحل اجرایی انجام آن

داده‌ها و اطلاعات استفاده شده در این تحقیق قابل تقسیم به شش گروه عمده هستند:

۱. تهیه نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ مربوط به چاپ قدیم و جدید و تهیه تصاویر ماهواره‌ای NOAA و MODIS مربوط به طوفان‌های اتفاق افتاده در سال‌های اخیر.

۲. تهیه آمار ایستگاه‌های هواشناسی محدوده‌ی طرح.

۳. رقوم سازی نقشه‌های توپوگرافی و لایه‌های مورد نیاز در یکی از محیط‌های سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS).

۴. روش‌های آزمایشگاهی پردازش تصاویر ماهواره‌ای مربوط به طوفان‌های اتفاق افتاده در سال‌های اخیر:

۴-۱. برداشت نقاط کنترل زمینی (GCPs)؛

۴-۲. تصحیحات هندسی؛

۴-۳. تصحیحات رادیومتریک.

۴-۴. استفاده از روش‌های تفسیر بصری تصاویر ماهواره‌ای، مانند بارزسازی طیفی، تهیه‌ی تصاویر رنگی مجازی به روش‌های متفاوت (روش OIF و رفتار بازتابی عوارض)،

۴-۵. تلفیق تصاویر حاصل از روش‌های تفسیر بصری با سایر لایه‌های اطلاعاتی بند ۲، مانند لایه‌های آبادی‌ها، شهرها، جاده‌ها، مسیل‌ها و غیره.

۴-۶. نتیجه‌گیری و ارزیابی اولیه از جهت عمومی طوفان‌های اتفاق افتاده، میزان گسترش طوفان‌ها، مناطق تحت تأثیر آن‌ها، تعیین مناطق همگن از نظر غلظت گردوغبار.

۵. استفاده از آمار باد ایستگاه‌های سینوپتیک در منطقه، آنالیز قرائت‌های سرعت و جهت لحظه‌ای باد در روز با توجه به آمارهای موجود، آنالیز بادها در گروه‌های متفاوت سرعت باد، تعیین سرعت باد در ارتفاعات متفاوت با استفاده از روابط تجربی، رسم نمودار نسبت به سرعت باد به ارتفاع، بررسی و آنالیز بادهای منطقه برای تعیین شدت و تداوم بادهای چیره و ترسیم گلباد.

۶. تعیین بادهای فرساینده و ارتباط آن با گسترش فرسایش و طوفان در منطقه.

است. خشک سالی شدید سال‌های ۱۳۵۰-۱۳۴۹، قطع جریان آب هیرمند و در نتیجه، خشک شدن هامون‌ها لطمه‌ی جبران‌ناپذیری بر دام‌داری و کشاورزی منطقه وارد ساخت [مهندسین مشاور تهران سحاب، ۱۳۶۹؛ وزارت نیرو، ۱۳۶۶].

منابع آب زیرزمینی در دشت سیستان بسیار محدودند. عمق متوسط آب‌های زیرزمینی حدود ۵۰ تا ۸۰ سانتی متر از سطح زمین است و متشکل از سفره‌های کوچک آب‌های زیرزمینی شور و نیمه شور زیرسطحی تشکیل می‌شوند [لیلساند، ۱۳۷۹]. دشت سیستان روی حاشیه‌ی یک بلوک سخت قرار دارد که آن را «بلوک هلمند» می‌گویند. پی سنگ بلوک هلمند در نتیجه‌ی حرکات هرسی نین، سخت شده و به صورت پلاتفرم درآمده است [درویش زاده و محمدی، ۱۳۷۴]. دشت سیستان پوشیده از رسوبات دریاچه‌ای نتوژن و آبرفت‌های کواترنر است. ضخامت رسوب‌های آن در اطراف زابل حدود ۲۵۰۰ متر است [پورکرمانی و زمردیان، ۱۳۷۶]. ضخامت زیاد رسوب‌ها نشان دهنده‌ی فرونشینی مداوم کف حوضه در طول کواترنر است. سطح دشت هموار و شیب ملایمی دارد. شیب عمومی آن از سمت جنوب شرقی به چاله‌ی هامون واقع در بخش شمالی دشت است. همواری سطح دشت منطبق بر ساختمان افقی لایه‌های نتوژن و کواترنر است. زیرا به علت مقاومت بلوک سخت زیرینا، حرکات پاسادین نتوانسته است تغییر محسوسی در رسوب‌های نتوژن ایجاد کند.

ارتفاع متوسط دشت سیستان ۵۰۰ متر و بلندترین نقطه‌ی آن کوه خواجه با ارتفاع ۵۹۵ متر است. دشت سیستان فاقد سفره‌ی آب زیرزمینی است. چاله‌ها و فرورفتگی‌های فوق، سطح پایه‌ی زهکش مسیل‌ها و رودهای اطراف، به خصوص رود هیرمند هستند. ارتفاع کف چاله‌ها بین ۴۷۱ تا ۴۷۷ متر است. باتلاق‌هایی به صورت نواری با پهنای متغیر، اطراف دریاچه را فرا گرفته‌اند [پیشین].

علاوه بر هامون‌ها، واحدهای عمده‌ی ژئومورفولوژی منطقه‌ی سیستان مشتمل بر پهنه‌ی کوهستانی، نواحی کوهپایه‌ای، دشت‌های مرتفع، دشت فروافتاده‌ی زابل و پادگانه‌های دریاچه‌ای عوارض بادی در منطقه شناسایی شده‌اند. واحد کوه پایه از چهار زیر واحد تشکیل

شده است. از جمله دشت سر (گلاسی) که خود مرکب از سه واحد دیگر به شرح زیر است:

مخروط افکنه‌های مرکب (باهادا): سه مخروط افکنه‌ی اصلی در منطقه وجود دارند که از جنوب به شمال به ترتیب توسط رودخانه‌های حرمک، ترش آب و شور به وجود آمده‌اند. بین این سه، مخروط افکنه‌های متعدد کوچک تری نیز وجود دارند.

دشت ریگی: در این دشت‌ها در اثر عمل باد، ذرات ریز حمل شده و دانه‌های درشت باقی مانده‌اند و سنگ فرش بیابانی به وجود آمده است.

مسیل‌ها: پهنه‌های پوشیده از رسوبات حمل شده توسط جریان‌های آبی هستند.

پایین افتادگی این دشت در حدود ۲۰ متر است و به وسیله‌ی دیواره‌ای که احتمالاً آینه‌ی گسل است، از واحد دشت مرتفع جدا می‌شود. این واحد محل استقرار شهر زابل و روستاهای وابسته به آن است و اراضی کشاورزی دلتای هیرمند در این بخش واقع هستند. زیرا واحدهای شناخته شده در این واحد عبارت‌اند از: اینتسلبرگ کوه خواجه، دلتای هیرمند، دریاچه‌های هامون و پدیده‌های حاصل از باد. مهم‌ترین رسوبات بادی منطقه در حوالی نیاتک و ملکی میانکنگی، قلعه نو و جریزک شناسایی شده‌اند [کلینسکی، ۱۳۸۱].

در اثر نوسانات دوره‌های مرطوب و یخ‌بندان، چهار سطح یا پادگانه‌ی دریاچه‌ای در اطراف دریاچه‌ی هامون شکل گرفته‌اند که از عوارض مهم دشت سیستان محسوب می‌شوند [جداری عیوضی، ۱۳۷۴].

تپه‌های ماسه‌ای عمدتاً در شمال شرقی زابل و در امتداد رودخانه‌ی مالکی و نیاتیک به مساحت حدود ۳۰۰ هکتار گسترده شده‌اند. تپه‌های ماسه‌ای سیستان متحرک هستند و هجوم آن‌ها به روستاهای اطراف، موجب تخلیه‌ی مردم از چند روستا شده است [پورکرمانی و زمردیان، ۱۳۶۷].

در حاشیه‌ی چاله‌های هامون، عارضه‌ی یازدانگ مشاهده می‌شود. وزش بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان در سطح رسوب‌های مسست کفه‌های رسی را باید مسئول پیدایش این عارضه دانست [پیشین].



تصویر ۱. گسترش تپه‌های ماسه‌ای (برخان) در اراضی کشاورزی منطقه‌ی جریزک - قلعه نو

۲. وضعیت خشک سالی کشاورزی در منطقه

نیاز آبی گیاه، به شرایط جوی غالب، خصوصیات زیستی گیاه، مرحله‌ی رشد آن و خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک بستگی دارد. تعریفی خوب از خشک سالی کشاورزی آن است که بتواند حساسیت متغیر گیاهان زراعی را طی مراحل نمو گیاه، از سبز شدن تا بلوغ، لحاظ کند. کمبود رطوبت در لایه‌های فوقانی خاک به هنگام کاشت می‌تواند باعث تأخیر جوانه زنی شود که به کاهش تراکم بوته در هکتار و نقصان عملکرد نهایی می‌انجامد.

اما چنان چه رطوبت خاک فوقانی (سطح الارضی) برای نیازهای مراحل اولیه‌ی رشد کافی باشد، کمبودهای رطوبتی در لایه‌های زیرین خاک، در صورت تأمین نیازهای آبی گیاه به وسیله‌ی بارندگی یا آبیاری، بر عملکرد نهایی گیاه تأثیر چندانی نخواهد داشت.

۳. وضعیت خشک سالی هیدرولوژیکی در منطقه

در منطقه‌ی سیستان همان‌گونه که اشاره شد، خشک سالی هیدرولوژیکی علاوه بر تأثیرپذیری از نقصان بارش، ناشی از فعالیت‌های سدسازی در بالادست حوضه‌ی آبخیز هیرمند در کشور افغانستان و عدم رعایت حقابه‌ی ایران است. مجموع این عوامل در

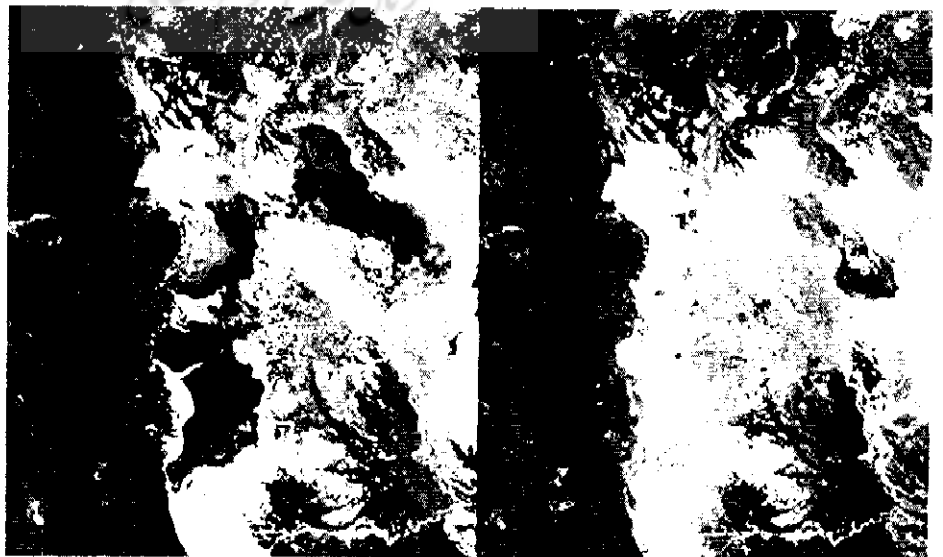
منطقه باعث تغییراتی در کاربری‌ها شده است. تبدیل اراضی کشاورزی و مستعد، به اراضی رها شده، تخریب مراتع، خشک شدن تالاب‌ها و... موجبات خشک سالی دیگری تحت عنوان خشک سالی اقتصادی-اجتماعی را در منطقه فراهم آورده است و بی‌کاری، فقر، مشاغل کاذب و قاچاق از نشانه‌های آن است [حیدری شریف‌آبادی، ۱۳۸۳].

۴. اثرات خشک سالی بر فرسایش و ایجاد طوفان

به منظور بررسی ارتباط بین دوره‌ی خشک سالی و فرساینده‌ی باد در منطقه، علاوه بر بررسی وضعیت مؤلفه‌های باد نظیر باد غالب، سرعت متوسط باد و غیره، برخی از خصوصیات فرساینده‌ی باد در ارتباط با خشک سالی با استفاده از ردیابی طوفان‌ها و تصاویر ماهواره‌ای مانند سنجنده‌ی MODIS از ماهواره‌ی ETM+ و TERA از ماهواره‌ی لندست به شرح جدول ۱ انجام شد. روش کار در این مرحله عبارت بود از: پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای، پردازش تصاویر ماهواره‌ای، تلفیق لایه‌های اطلاعاتی با تصاویر ماهواره‌ای، تفسیر تصاویر به منظور شناخت مناطق برداشت طوفان‌های غبارزا و چگونگی انتشار ذرات آن‌ها، آن‌ها، و ارائه‌ی نتایج.



تصویر ۲. زمین زراعتی رها شده در اثر خشک سالی



تصویر ۳. خشک شدن هامون‌ها در اثر خشک سالی (۲۰۰۱ و ۱۹۹۶ لندست)

جدول ۱. مشخصات سنجنده‌ی MODIS از ماهواره‌ی TERA

ردیف	نوع داده	تاریخ
۱	MODIS	May-۱۸-۲۰۰۱
۲	MODIS	Jun-۰۲-۲۰۰۱
۳	MODIS	Jun-۱۱-۲۰۰۱
۴	MODIS	Jul-۰۴-۲۰۰۱

گردیدند. در مرحله‌ی بعد، برای گویا کردن تصاویر لایه‌های اطلاعاتی، نظیر محدوده‌های هامون‌ها، مراکز شهری و روستایی، مسیر آبراهه‌ها و غیره، پس از رقومی کردن این تصاویر در محیط GIS، آن‌ها را روی تصاویر فوق انداختیم و لایه‌های اطلاعاتی با تصاویر ماهواره‌ای تلفیق شدند.

۶. تفسیر تصاویر به منظور شناخت اثرات طوفان‌های غبارزا و چگونگی انتشار ذرات آن‌ها در دوره‌ی خشک سالی

در این مرحله با استفاده از اطلاعات موجود، باز دیده‌های صحرائی و تفسیر چشمی و رقومی، مسائلی مانند امتداد و جهت طوفان‌ها، وسعت طوفان‌ها در ایران و کشورهای همسایه، و هم چنین نحوه‌ی انتشار آن‌ها بررسی شد. تفسیر چشمی تصاویر MODIS نشان می‌دهد که بر اثر خشک سالی و خشک شدن هامون‌ها، به خصوص هامون صابری (سابوری)، این دریاچه به عنوان عمده‌ترین محل برداشت و مرکز طوفان‌ها به شمار می‌آید و پس از آن، هامون پوزک و هامون هیرمند در درجات بعدی اهمیت قرار می‌گیرند.

اراضی کشاورزی رها شده در اثر خشک سالی نیز از جمله مناطق مستعد برای فرساینده‌ی باد هستند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که اراضی کشاورزی در معرض برداشت و انتقال رسوبات بادی در منطقه، اراضی کشاورزی توأم با تلماسه، اراضی کشاورزی توأم با بادبردگی، و اراضی کشاورزی با فرسایش بادی کم را شامل می‌شوند که مجموعاً مساحتی بالغ بر ۱۵۷۲ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرند. بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌های انجام شده از سطح طوفان‌ها در مواقع خشک سالی نشان می‌دهند (تصاویر ۳ تا ۷) که شدت طوفان‌ها متفاوت است و اختلاف مساحت در رویدادهای متفاوت به چهار برابر نیز می‌رسد. در تمام طوفان‌های بررسی شده، سطح پوشیده از گرد و خاک مربوط به ایران (منطقه‌ی سیستان) و افغانستان تغییرات کمی در مقایسه با تغییرات مساحت کل طوفان‌ها نشان می‌دهد. زیرا منشأ این طوفان‌ها در این دو کشور قرار دارد و فقط در طوفان‌های بسیار شدید، طوفان به پاکستان هم می‌رسد.

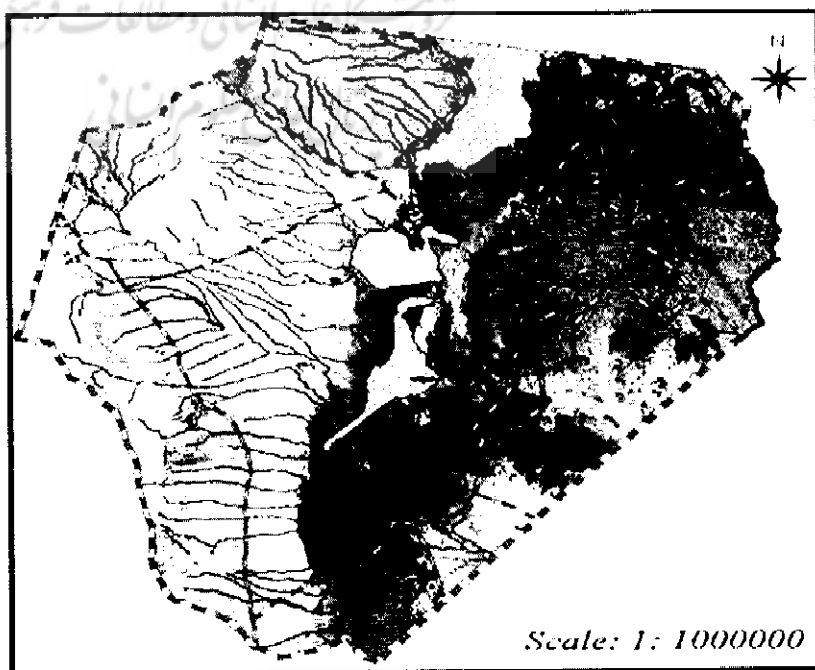
تصویر ۴. تلفیق لایه‌های متفاوت با تصاویر ماهواره‌ای لندست

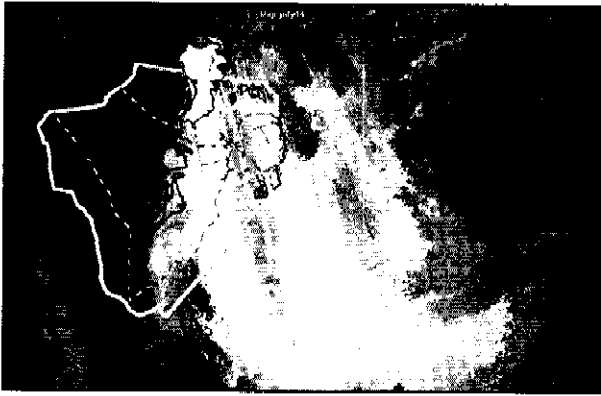
جدول ۲. مشخصات سنجنده‌ی ETM+ از ماهواره‌ی لندست

ردیف	ETM+	اندازه‌ی سنوئل متر	ماهواره لندست
۱	۱۵۸ ۰۳۹	اندازه‌ی سنوئل ۳۰ متر	۲۰۰۰/۱۰/۲۸
۲	۱۵۷ ۰۳۸	اندازه‌ی سنوئل ۳۰ متر	۲۰۰۰/۰۷/۰۱
۳	۱۵۷-۰۳۹	اندازه‌ی سنوئل ۳۰ متر	۲۰۰۰/۰۶/۱۲

۵. پردازش تصاویر ماهواره‌ای

اصولاً تصاویر به دست آمده از فضا دارای برخی خطاهای هندسی و ژئومتری هستند. برای رفع این مشکل، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰، از باز دیده‌های صحرائی و برداشت نقاط کنترل زمینی با «GPS» استفاده و «ریشه‌ی متوسط مربع خطاها»^۲ محاسبه و میزان آن برطرف شد. پس از تصحیح خطاهای هندسی، به منظور استخراج الگوها و تفسیر چشمی تصاویر، از روش‌های بارزسازی طیفی تک بانندی، مانند بسط تباین به روش خطی، و بارزسازی به روش تعدیل هیستوگرام برای باندها استفاده کردیم. با افزایش کیفیت باندها به روش‌های فوق، پارامتر هم بستگی بین باندها محاسبه شد و ترکیب‌های رنگی کاذب^۳ (FCC) مناسب معرفی

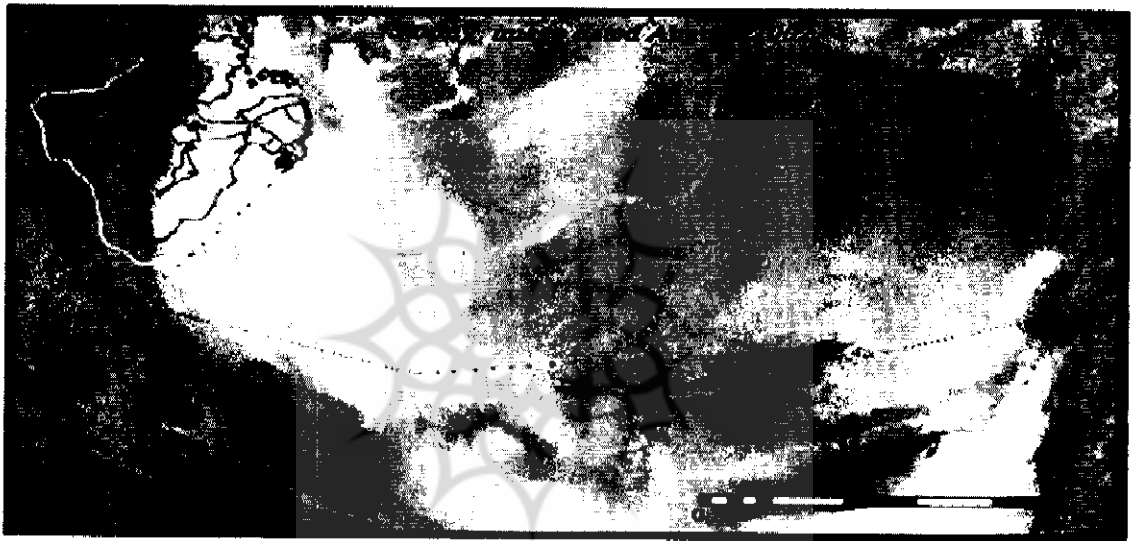




تصویر ۶. تصاویر ماهواره‌ای MODIS مربوط به طوفان ۲ ژوئن ۲۰۰۱ و ۴ ژوئیه ۲۰۰۱



تصویر ۵. تصویر ماهواره‌ای مربوط به طوفان ۲ ژوئن ۲۰۰۱ و ۴ ژوئیه ۲۰۰۱



تصویر ۷. تصویر ماهواره‌ای MODIS مربوط به طوفان اوت ۲۰۰۲

خشک‌سالی‌های متوالی و بستن آب سد کجکی که باعث خشک شدن هامون‌ها و بستر رودخانه‌ی هیرمند شد، شدت عمل طوفان‌ها به مراتب افزایش یافت. به سبب این امر، بسیاری از زمین‌های کشاورزی و اراضی مستعد، دچار باد بردگی و انتقال ذرات رویه‌ی خاک شده‌اند و یا در اثر حرکت شن‌های روان، زیر ماسه‌ها مدفون گشته‌اند. سرعت باد در منطقه از ماه مه شروع و در ماه‌های جولای و اوت به حداکثر خود می‌رسد و پس از آن مجدداً به تدریج کاهش می‌یابد. بیشترین مقادیر مربوط به ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت سال ۲۰۰۱ است که به ترتیب برابر بود با ۱۱/۴۹، ۱۳/۸۱، ۱۱/۳۹.

در منطقه‌ی زابل، در تمام فصل‌های دوره‌ی آماری، بادهای فرساینده وجود دارند و تفاوت آن‌ها در میزان و قدرت فرساینده‌گی است. از میان ماه‌های سال، ماه‌های می، ژوئن، جولای و اگوست با مقادیر ۲۰/۹۰، ۱۳/۸۲، ۲۱/۲۱، ۲۱/۹۹ بیشترین مقادیر

۷. سطوح مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی در منطقه در منطقه‌ی زابل سه ناحیه‌ی تحت فرسایش بادی وجود دارد که بعضی از نواحی فرسایش بادی و برداشت و رسوب، در خارج از مرز در کشور افغانستان قرار دارند. در جدول ۴ سطوح ناحیه‌ی برداشت زیاد (H)، برداشت متوسط (M) و برداشت کم (L)، سطوح ناحیه‌ی حمل با شدت زیاد (T1) و سطوح ناحیه‌ی حمل با شدت (T2) و سطوح ناحیه‌ی رسوب فعال (S1)، نیمه فعال (S2) و غیر فعال (S3) و حجم کل سطوح برداشت، حمل و رسوب‌گذاری مشخص شده‌اند [سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۱].

نتیجه‌گیری

منطقه‌ی سیستان با مرکزیت شهرستان زابل، جزو کانون‌های بحرانی فرسایش بادی تشخیص داده شده است. یکی از خصوصیات اصلی این دشت، طوفان‌های شن و گرد و غبار است. به دلیل

جدول ۳. سطوح نواحی تحت فرسایش بادی به تفکیک نواحی برداشت، حمل و رسوب در منطقه‌ی سیستان (زابل) [سازمان جنگل‌ها و مراتع و آب‌خیزداری کشور، ۱۳۸۱]

شهرستان	منطقه تحت‌تأثیر	سطوح منطقه برداشت (هکتار)			سطوح منطقه حمل (هکتار)			سطوح منطقه رسوب (هکتار)			جمع کل		
		H	M	L	جمع	T _۱	T _۲	S _۱	S _۲	S _۳			
زابل	میانکنگی (نیاتکی)	۷۵۰۰	۳۴۸۳۴	۶۳۱۸	۴۸۶	۶۲۵۰	۲۸۲۷۹	۳۴۵۲۹	۹۲۲۷	۲۱۰۷	۱۲۷۳۹	۹۵۹۲۰	
	جزینک	۵۷۰۳	-	-	۵۷۰	۳	۲۴۲۲	۵۸۵۸	۱۲۵۰	۱۰۹۴	۲۳۴۴	۱۳۹۰۵	
	ریگ چاه و تاسوکی	-	۵۱۱۳۳	۱۱۵۷	۶۲۷	۰	۲۰۶۸۷	۲۵۷۳۸	۱۵۲۵۸	۱۳۷۸۶	۵۱۴۳	۳۴۱۸۷	۱۴۲۶۲
	جمع	۱۳۲۰۳	۸۵۹۶۷	۱۷۸۸	۱۱۷	۱۰۵۹	۳۲۷۳۷	۸۶۱۲۵	۱۷۹۱۳	۲۴۱۰۷	۷۲۵۰	۴۹۲۷۰	۲۵۲۴۵

حداکثر سرعت باد را به خود اختصاص داده‌اند. بیشترین خسارات ناشی از فرسایش بادی و ایجاد چهره‌های فرسایش بادی، ناشی از سمت و سرعت باد غالب در منطقه است. سرعت باد غالب از ماه مه شروع و در ماه‌های جولای و آگوست به حداکثر خود می‌رسد و پس از آن مجدداً به تدریج کاهش می‌یابد. حداکثر مقادیر بین ۹ تا ۱۴/۷ متر بر ثانیه برای ماه‌های فوق است. سمت و سرعت باد غالب در ایستگاه زابل در طول سال‌های مورد بررسی غالباً شمال غربی با ۵۱/۵ درصد و شمال با ۴۲/۴ درصد بوده‌اند.

در منطقه‌ی زابل سه ناحیه‌ی تحت فرسایش بادی وجود دارد که بعضی از نواحی فرسایش بادی و برداشت و رسوب در خارج از مرز در کشور افغانستان قرار دارند. علاوه بر سرعت باد، جهت و چیرگی وزش باد نیز در توانایی خاکروبی باد مؤثر است. بر اساس آمار موجود، متوسط میزان فرسایش در دوره‌ی مورد بررسی برای سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۳ به ترتیب معادل ۸/۷، ۱۰، ۸/۹، ۱۱/۱، ۱۱/۳، ۱۲/۴، ۱۱/۹، ۱۱/۱، ۱۱/۶ است.

زیرنویس

1. Advance Very High resolution
2. Global Position Systems
3. Root Mean Square Error
4. False Color Composite

منابع

۱. کوران، پل (۱۳۷۳)، اصول سنجش از دور. ترجمه‌ی رضا حائز. انتشارات امید تهران.
۲. پورکرمانی، محسن و زمردیان، محمدجعفر (۱۳۶۷). «بحشی پیرامون ژئومورفولوژی استان سیستان و بلوچستان». فصل‌نامه‌ی تحقیقات جغرافیایی. شماره‌ی ۹.
۳. حیدری شریف آبادی، حسین (۱۳۸۳). روش‌های کاهش خسارت خشکی و خشک‌سالی. معاونت وزارت جهاد کشاورزی.

۴. جداری عیوضی، جمشید (۱۳۷۴). ژئومورفولوژی ایران. پیام نور. تهران.
۵. کلینسکی، دانیل (۱۳۸۱). کویرهای ایران و خصوصیات ژئومورفولوژیکی ۳- و پالتوکلیماولوژی آن. ترجمه‌ی عباس پاشایی. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
۶. درویش زاده، علی و محمدی، مهین (۱۳۷۴). زمین‌شناسی ایران برای رشته‌ی جغرافیا. پیام نور.
۷. رسولی، علی اکبر (۱۳۸۴). تحلیلی بر فناوری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی. دانشگاه تبریز.
۸. زبیری، محمود و مجد، علیرضا (۱۳۷۵). آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد در منابع طبیعی. دانشگاه تهران.
۹. زمردیان، محمدجعفر (۱۳۸۳). ژئومورفولوژی ایران (ج ۱ و ۲). دانشگاه فردوسی. مشهد.
۱۰. سازمان جنگل‌ها و مراتع و آب‌خیزداری کشور (۱۳۸۱). طرح شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی و تعیین اولویت‌های اجرایی در ۱۴ استان کشور. سازمان جنگل‌ها و مراتع و آب‌خیزداری کشور.
۱۱. سازمان هواشناسی، آمارهای اقلیمی (www.irimo.ir)
۱۲. علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۱). ژئومورفولوژی ایران. انتشارات قومس. تهران.
۱۳. عدل، محمدحسین. تقسیمات اقلیمی و رستنی‌های ایران.
۱۴. علیجانی، بهلول (۱۳۷۵). آب و هوای ایران. پیام نور. تهران.
۱۵. لیلساند، وکی فر (۱۳۷۹). سنجش از دور و تعبیر و تفسیر تصاویر هوایی و ماهواره‌ای. ترجمه‌ی حمید مالمیریان. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
۱۶. مرکز آمار ایران (۱۳۸۰). آمارنامه‌ی استان سیستان و بلوچستان.
۱۷. میری، غلامرضا (۱۳۷۴). اثرات اقتصادی و اجتماعی دریاچه‌ی هامون بر روند توسعه‌ی ناحیه‌ای. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرری.
۱۸. مهندسین مشاور تهران سحاب (۱۳۶۹). طرح مطالعات و بهره‌برداری بهینه از آب رودخانه‌ی هیرمند.
۱۹. وزارت نیرو، امور آب (۱۳۶۶). خلاصه‌ی گزارش مشکلات آبیاری حال و آینده‌ی سیستان.