پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۷، بهار ۱۳۸۸
صص ۸۷-۷۳

بررسی خسارت‌های ناشی از حرکت ماسه‌های روان در شرق زابل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

دکتر حسین نگارش* – دانشیار دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان
لیلا لطیفی – کارشناس ارشد ژئومورفولوژی
پذیرش مقاله: ۸۶/۱۲/۱۴ تأیید نهایی: ۸۶/۱۲/۲۱

چکیده

طوفان، یکی از مخرب‌ترین پارامترهای اقلیمی است که معمولاً نام آن با ایجاد خسارت همراه است. در بین بادهای محلی ایران، باد ۱۲۰ روزهٔ سیستان شهرتی بسزا دارد. این باد که گاهی سرعت آن به ۱۴۸ کیلومتر در ساعت می‌رسد، تقریباً از ۱۵ خرداد تا ۱۵ شهریور بر بخش شرقی ایران حاکمیت می‌یابد و منطقهٔ مورد مطالعه نیز تا کنون در اثر این بادها خسارات زیادی را متحمل شده است. حرکت ماسه‌های روان در منطقهٔ مورد مطالعه سبب وارد آمدن خساراتی بر راه‌های ارتباطی، مزرعه‌ها، روستاها، قنات‌ها، خانه‌ها، کانال‌های آبیاری و بسیاری از تأسیسات صنعتی شده است. تصاویر ماهواره‌ای و تحقیقات میدانی نشان از آن دارد که طول کانال‌های آبیاری که بر اثر خشکسالی و حرکت ماسه‌های روان در محدودهٔ مورد مطالعه پر شده‌اند، از ۴۴/۲ به ۵۱/۱ کیلومتر، جادهٔ درجه ۱ از ۱۱/۶ به ۱۸/۸ کیلومتر، جادهٔ درجه ۲ از ۱۳/۲ به ۴۱/۴ کیلومتر، تعداد روستاهای تخریب‌شده از ۹ به ۲۸ روستا و همچنین مساحت تپه‌های ماسه‌ای از ۹۴۲۱ به ۱۴۳۵۳ هکتار رسیده است و به‌نظر می‌رسد که در چند سال آینده نیز مخازن آبی چاه نیمه که تنها منبع آب شرب مردم زابل و زاهدان است، مورد تهدید جدی ماسه‌های روان قرار گیرد. پژوهش حاضر درصدد است تا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، پیشروی ماسه‌های روان را بر روی زمین‌های کشاورزی، جاده‌های مواصلاتی، روستاها و تأسیساتی که در معرض هجوم ماسه‌های روان قرار دارند، مشخص و میزان خسارات وارده را به‌منظور چاره‌اندیشی به مسئولان یادآور شود.

کلیدواژه‌ها: بادهای ۱۲۰ روزه، خشکسالی، ماسه‌های روان، تپه‌های ماسه‌ای، بیابان‌زایی.

مقدمه

ایران جزء ۱۰ کشور بلاخیز دنیاست و از ۳۵ بلای طبیعی تا کنون حدود ۳۰ بلا در ایران اتفاق افتاده است. یکی از انواع بلایای طبیعی که هرساله سبب وارد آمدن خسارات زیادی به‌ویژه در مناطق خشک و بیابانی دنیا می‌شود، طوفان‌های ماسه‌ای است (امیدوار، ۱۳۸۵، ۴۴). باد در حدود ۲۸ درصد از خشکی‌های جهان را فرسایش می‌دهد (Nicholas, 2006, 180) و طوفان‌های ماسه‌ای و گرد و خاک نه تنها در ایران بلکه در سایر کشورهای آسیایی، افریقایی و امریکایی نیز

نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۱۴۱۹۰۲۷
* E-mail: h_negaresh@yahoo.com

موجب بروز خسارت‌های مالی و جانی فراوانی می‌شوند (Lin, 2002)، که از آن‌جمله می‌توان به طوفان سیاه شمال چین که در سال ۱۹۹۳ باعث کشته شدن ۸۵ نفر و تخریب حدود ۳۷۳۰۰۰ هکتار از محصولات زراعی گردید (Youlin, 2002) و همچنین جابه‌جایی سالانه دست‌کم ۱۶۱ میلیون تُن خاک در کانادا به ارزش ۲۴۹ میلیون دلار امریکا (Squires, 2002) اشاره کرد.

کشور ایران در کمربند خشک و بیابانی دنیا قرار دارد و دوسوم از وسعت آن در قلمرو مناطق خشک واقع شده است (مقصودی، ۱۳۸۵، ۱۴۹). همچنین مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهد که ۱۴ استان کشور تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارند که استان سیستان و بلوچستان با ۲۲۹۱۷۴ هکتار بالاترین رتبه را [در این زمینه] به خود اختصاص داده است (ایرانمنش و همکاران، ۱۳۸۴، ۲۵) و طوفان هرساله خسارت‌های زیادی را در این استان به بار می‌آورد.

در منطقهٔ سیستان، در دوره‌ای تقریباً ۳۰ ساله، در سال‌های ۱۳۱۸، ۱۳۲۸، ۱۳۳۷ و ۱۳۴۹ یعنی تقریباً هر ۱۰ سال یک خشکسالی به‌صورت کشنده تکرار شده است و از سال ۱۳۷۶ تاکنون نیز این منطقه دوره خشکسالی اخیر را می‌گذراند. خشکسالی این منطقه که بیشتر از نوع هیدرولوژیک است، خسارات فراوانی را به حیات طبیعی و انسانی منطقه وارد آورده است. از سال ۱۳۷۶ (۱۹۹۷) ضمن کاهش میانگین بارش (مثلاً کل باران سال ۱۳۷۹ ایستگاه زابل ۱۳ میلی‌متر بوده است)، دمای هوای منطقه و تبخیر نیز افزایش یافته و به حدود ۵۸۰۰ میلی‌متر یعنی به بالاترین حد خود در ایران رسیده است (حیدری‌نسب، ۱۳۸۶، ۴۲). بنابراین می‌توان ادعا کرد که خشکسالی اخیر، ضمن بی‌نظیر بودن آن از لحاظ تداوم (۷ تا ۹ سال)، زمینه را برای فرسایش بادی در حد اعلی نیز فراهم کرده است.

بدون تردید اصلی‌ترین عامل فرسایش بادی در منطقهٔ مورد مطالعه، وقوع طوفان‌های ماسه در اثر وزش بادهای ۱۲۰ روزهٔ سیستان است. این بادها که با شدت بالای ۷۰ و گاهی ۱۴۸ کیلومتردرساعت (سرگزی، ۱۳۸۴، ۲۹) در دوره‌های زمانی نزدیک به هم و در مدت بیش از ۶ ماه از سال و در حالت نرمال به وقوع می‌پیوندد، عامل اصلی فرسایش بادی در منطقه به‌شمار می‌آیند. شدت وزش این بادها به حدی است که با ایجاد غلظت گرد و غبار در آسمان و هجوم ماسه‌های روان در سطح زمین، هرگونه فعالیتی را از انسان سلب می‌کنند و اختلالاتی را در وضع عمومی به وجود می‌آورند (سلیقه، ۱۳۸۲، ۱۱۰) و گاهی چاله‌هایی به عمق ۲ تا ۳ متر و عرض ۶ تا ۹ متر ایجاد می‌کنند (نورزهی، ۱۳۷۲، ۱۳).

حداکثر سرعت باد محتمل در دوره بازگشت ۲۰۰ساله، نشان‌دهندهٔ تندبادی با سرعت ۱۶۵ کیلومتردرساعت است که حکایت از اهمیت سرعت بالای بادها در این منطقه دارد (خسروی، ۱۳۸۴، ۲۵).

واشینگتن[1] و همکاران (2000)، منطقه سیستان را یکی از مراکز طوفان‌زایی معرفی می‌کنند که در آن به‌طور متوسط سالانه بیش از ۷۰ روز طوفان‌های گرد و غبار وجود دارد، این در حالی است که بررسی‌های آماری نشان می‌دهد که میانگین روزهای همراه با طوفان گرد و خاک در زابل ۱۷۳/۲ روز، در زاهدان ۶۶/۷ روز، در نهبندان ۲۶ روز و در بیرجند ۱۰ روز (خسروی، ۱۳۸۴، ۲۵) و در حوالی رودخانهٔ زرد کشور چین ۲۱/۶ روز (Jiongxin, 2006, 9) است که حکایت از خشکی خاک منطقه و شدت وزش باد در زابل دارد.

1. Washington

یکی از اهداف مهم پژوهش حاضر، بررسی تأثیرات تخریبی باد و خسارات وارده به مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی، تأسیسات، کانال‌های آبیاری، و راه‌های ارتباطی و همچنین پیشروی تپه‌های ماسه‌ای در منطقه است، زیرا که حرکت ماسه‌های روان باعث دفن نباتات، منابع آب و تخریب محیط‌های مسکونی و مسدود شدن راه‌ها می‌شود (کاویانی، ۱۳۸۰، ۱۳۸).

روش تحقیق

مرحله مقدماتی

در این مرحله ابتدا به بررسی مطالعات کتابخانه‌ای و گردآوری نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه پرداخته شد، و سپس تصاویر ماهواره‌ای لندست TM مربوط به سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۲، ۲۰۰۰، ۱۹۹۸ و تصویر ماهواره‌ای IRS با دقت ۵/۸ متر مربوط به سال ۱۳۸۵ از سازمان سنجش از دور ایران خریداری گردید.

مرحلهٔ صحرایی (میدانی)

در عملیات صحرایی ابتدا نقشه‌های مرتبط برای تطبیق با محیط به منطقه برده شد و مرز تپه‌های ماسه‌ای بر روی آنها کنترل گردید، و پس از آن تصاویر ماهواره‌ای از چند دوره زمانی در محیط سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی[1] (GIS) روی هم قرار گرفتند و میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای در سال‌های مختلف مشخص شد، سپس برای ژئوکدشدن تصاویر ماهواره‌ای ابتدا با استفاده از سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی در منطقه کدبرداری صورت گرفت، و پس از آن کدها بر روی تصاویر فوق منتقل شدند. این تصاویر ژئورفرنس گردیدند و سپس محدودهٔ تپه‌های ماسه‌ای مربوط به آنها با تفسیر چشمی از یکدیگر جدا شدند. به‌منظور مشخص شدن خسارات وارده از روی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی، کلیه تأسیسات، راه‌ها، کانال‌های آبرسانی و نظایر اینها که در محدودهٔ نقشه‌های مورد نظر بودند رقومی شدند و بعد از تکمیل اطلاعات، نقشه محدوده تپه‌های ماسه‌ای قبل از خشکسالی و زمان خشکسالی با استفاده از روش تفسیر بصری ترسیم گردید و در پایان، نتیجه‌گیری از مباحث عنوان‌شده به عمل آمد.

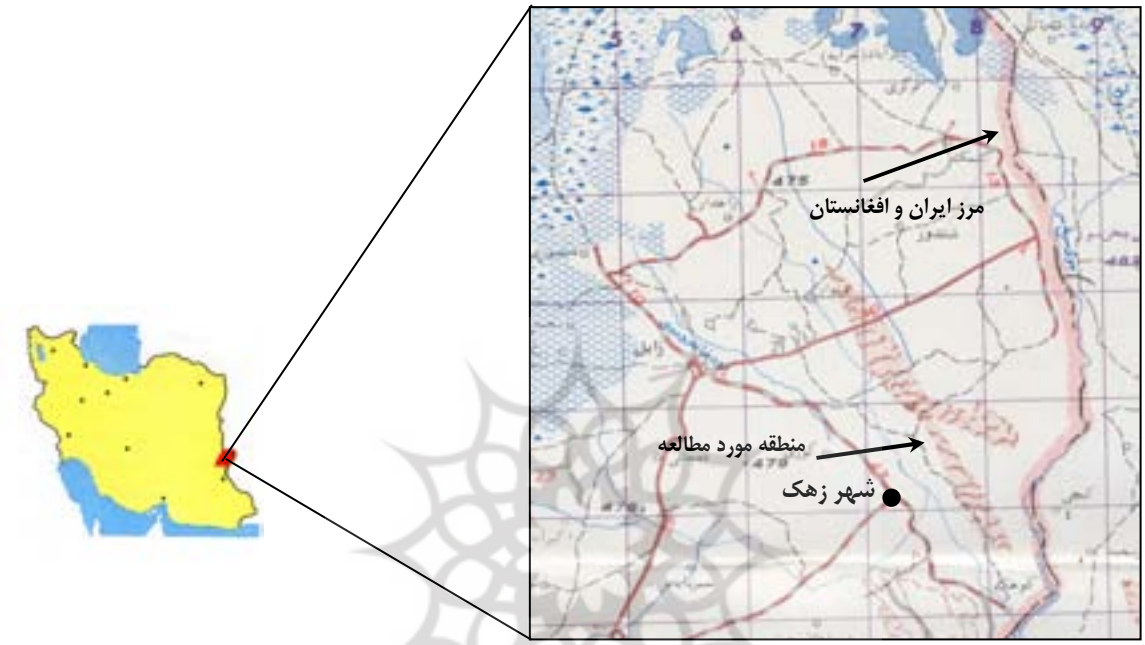
موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه

این منطقه بخشی از محدوده وسیعی است که دشت سیستان نامیده می‌شود و تقریباً بخش غربی حوضه آبریز گسترده‌ای به وسعت حدود ۳۵۰ هزار کیلومترمربع است که علاوه بر ایران در دو کشور افغانستان و پاکستان نیز گسترش یافته است و تنها ۲۶ درصد آن در ایران قرار می‌گیرد. دشت سیستان با ۱۵۱۹۷ کیلومترمربع مساحت (معادل ۸/۱ درصد مساحت استان) در شمال استان سیستان و بلوچستان و شرق ایران واقع گردیده است. سیستان دارای سه منطقه بحرانی فرسایش

1. Geographic Information System

بادی است: منطقه نیاتک، جزینک و تاسوکی – شیله که مجموعاً سطحی معادل ۲۵۲۴۵۳ هکتار را دربرگرفته‌اند (مهندسین مشاور سامانه فرایندهای محیطی، ۱۳۸۱، ۲۰).

منطقه مورد مطالعه که خود بخشی از بیابان نیاتک سیستان است، در جنوب شرقی ایران و در شمال شرق دشت سیستان و در جنوب غربی مرز ایران و افغانستان قرار دارد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه براساس نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰

یافته‌های تحقیق

بررسی خسارات ناشی از حرکت شن‌ها و ماسه‌های روان در منطقه

فرسایش بادی از یک‌سو باعث کاهش حاصلخیزی و عمق خاک در محل فرسایش و از سوی دیگر باعث تخریب و مدفون شدن زمین‌های زراعی، ساختمان‌ها و تأسیسات صنعتی در خارج از محل فرسایش می‌گردد (Lui, 2005,284). نتایج حاصل از حرکت تپه‌های ماسه‌ی نشان می‌دهد که در هر طوفان شن و ماسه به‌دلیل فقر پوشش گیاهی، سرعت بالای باد و خشک بودن سطح دریاچه هامون که منبع اصلی برداشت رسوبات است، حجم عظیمی از ذرات خاک برداشت می‌شود و پس از حمل و جابه‌جایی، در مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی، تأسیسات و نظایر آن رسوب می‌کند و خسارات زیادی را در منطقه حمل و همچنین در منطقهٔ رسوب‌گذاری بر منابع زیستی، اقتصادی و اجتماعی وارد می‌کند.

نتایج بررسی بادهای ۱۲۰ روزهٔ زابل نشان داد که زابل با بیش از ۱۷۳ روز توأم با گرد و غبار، از کانون‌های اصلی آلودگی زیست‌محیطی در کشور به‌شمار می‌آید و از این نظر با کانون‌های اصلی جنوب غربی آسیا (جنوب خلیج‌فارس، جنوب عراق و شرق عربستان) قابل مقایسه است (خسروی، ۱۳۸۴، ۲۵).

جدول ۱ میزان خسارات وارده بر مراکز خسارت‌دیدهٔ ناشی از حرکت ماسه‌ای روان را قبل از خشکسالی (۱۳۷۷) و در دورهٔ خشکسالی ۷ ساله (۱۳۸۵) به‌صورت مقایسه‌ای نشان می‌دهد (محاسبات میدانی نگارندگان و استفاده از GIS).

جدول ۱. میزان خسارت ناشی از حرکت تپه‌های ماسه‌ای در منطقه

مراکز خسارت	قبل از خشکسالی (۱۳۷۷)	خشکسالی ۷ ساله (۱۳۸۵)
کانال آبیاری	۴۴۲۷۱ متر	۵۱۸۸۲ متر
جاده درجه ۱	۱۱۶۵۸ متر	۱۸۸۰۸ متر
جاده درجه ۲	۱۳۲۱۴ متر	۴۱۴۰۸ متر
تعداد روستاها	۷ روستا	۲۸ رستا
مساحت تپه‌های ماسه‌ای	۹۴۲۱ هکتار	۱۴۳۵۳ هکتار

باد در منطقهٔ مورد مطالعه اشکال فرسایشی و تراکمی زیادی به‌وجود آورده است، اما از آنجا که این مقاله سعی دارد صرفاً به اشکال تراکمی باد و خسارات ناشی از حرکت، حمل و انباشت ماسه‌های بادی در خشکسالی‌های اخیر بپردازد، در ادامه به اشکال، آثار و عامل‌های تراکمی باد و خسارت‌های آن در منطقه پرداخته می‌شود و بررسی اشکال فرسایش باد به پژوهشی دیگر واگذار خواهد شد.

خسارت به زمین‌های کشاورزی

کشاورزی ازجمله فعالیت‌های اقتصادی باارزش کره زمین به‌شمار می‌رود و بیش از هر چیز به شرایط جوّی وابسته است (خالدی، ۱۳۷۴، ۱۳۸۱). وزش طوفان‌های شن و ماسه می‌تواند تأثیرات مخرب و منفی بر رشد آن داشته باشد. خسارت ناشی از حرکت شن‌های روان بر روی زمین‌های کشاورزی بیشتر از سایر بخش‌هاست، به‌طوری‌که هجوم بی‌رویهٔ ماسه‌های روان بر روی زمین‌های کشاورزی سبب شده است تا مردم ناچار به ترک زمین‌های‌شان شوند. متأسفانه کشاورزان اجازهٔ مالچ‌پاشی بر روی تپه‌های ماسه‌ای در زمین‌های کشاورزی خود را نمی‌دهند، زیرا امید دارند که روزی خشکسالی از بین برود و دوباره به کشت و زرع روی بیاورند و یا همان‌طور که باد عامل اصلی ایجاد تپه‌های ماسه‌ای در زمین‌های کشاورزی بوده است، امیدوارند که خود باد نیز عامل حرکت تپه‌های ماسه‌ای از زمین‌های کشاورزی آنها به خارج از زمین شود. ریزش شن و ماسه‌های روان در زمین‌های کشاورزی سبب می‌گردد که نمک موجود در این ماسه‌ها بر اثر آبیاری زمین‌های کشاورزی حل شود و شوری خاک‌های کشاورزی افزایش یابد و کاشت محصولات محدود گردد و بازده تولید پایین بیاید. همچنین بادهای شدید منطقه باعث انتقال نمک به زمین‌های مجاور، فرسایش خاک‌های کشاورزی، افزایش تبخیر، ریختن گُل‌ها و میوه‌ها، شکستن شاخه‌ها و سقوط درختان، خواباندن غلات، انتقال مواد غذایی خاک، کاهش ارتفاع گیاهان، پوشاندن گیاهان با شن و ماسه، جلوگیری از پرواز حشرات گرده‌افشان و نظایر آن می‌شوند. دانه‌های تیز سیلیسیِ همراه باد موجبات قطع ساقه‌های گندم را فراهم می‌آورد، به‌طوری که بعد از وزش بادها مزارع شبیه مزارعی می‌شوند که قبلاً درو شده باشند (خسروی، ۱۳۶۸، ۱۷۷). وجود گرد و غبار و طوفان‌های شن و ماسه باعث می‌شود که عمل فتوسنتز گیاهان زراعی و باغی – به علت اینکه نور خورشید به اندازه کافی به برگ گیاهان نمی‌رسد – با مشکل مواجه شود و از شادابی آنها کاسته گردد و احتمالاً زرد و رنگ‌پریده به نظر برسند.

هجوم به مناطق مسکونی و آبادی‌ها

سالانه حجم عظیمی از ماسه‌های بادی، مناطق مسکونی و روستاها را مورد هجوم خود قرار می‌دهند. در برخی از روستاها که در مسیر دالان‌های بادی قرار دارند، مقدار حجم رسوبات به‌گونه‌ای است که سبب دفن واحدهای مسکونی

می‌شود و روستاییان ناچار به ترک روستاها و خانه‌های خود می‌شوند. همه‌ساله دولت هزینه هنگفتی را بـرای جمـع‌آوری ماسه‌های روان متحمل می‌شود. از طرف دیگر برخورد ذرات ماسه بـا خانـه‌هـا و فرسـایش آنهـا در طـول زمـان سـبب فرسودگی و از بین رفتن آنها می‌گردد. طبق بررسی‌های میدانی و تصاویر ماهواره‌ای، پیش از خشکسالی حـدود ۷ روسـتا در معرض هجوم ماسه‌های روان بوده است و اکنون که بیش از ۷ سال از خشکسالی می‌گذرد، حدود ۲۸ روستا در معرض نابودی ناشی از هجوم شن‌ها و ماسه‌های روان قرار دارند، که از آن‌جمله می‌توان به شهرک محمدشاه‌کـرم و روسـتاهای زاهدان کهنه، محمددادی، علی‌آباد، کربلایی علی، جهانگیر پایین، عسکری، شریف‌آبـاد، علیجـان، مهـاجری، نورمحمـد، میرجعفرخان، شاه‌جان، گزمه، بخته‌ای، شاه‌گُل، ده زینلی، ابراهیم‌آباد، کنـگ شـیرعلی‌خـان، ده مـشهدی، حـسن رحـیم، کوه‌کن، شیرآباد، جنگیان، ده غفور، مندیلان بالا... اشاره کرد (شکل‌های ۴ و ۵ و۶). این روستاها اکثراً خالی از سکنه‌اند و یا به علت وجود مشکلات فراوان، مردم در حال ترک آنها هستند.

در بعضی نقاط سیستان روستاهایی وجود دارد که طی دوره‌ای ۱۵ سـاله، زیـر ماسـه‌هـای روان پنهـان مـی‌شـوند و خرابه‌های مدفون‌شدهٔ ده‌ها روستا و آبادی در بخش میانکنگی، همگی نشان‌دهندهٔ تأثیرات نامطلوب باد اسـت (خـسروی، ۱۳۶۸، ۱۷۸).

شکل ۲. مدفون شدن خانه‌های مسکونی در زیر رسوبات بادی با ارتفاع بیش از ۵ متر

نحوهٔ ساخت خانه‌ها، کوچه‌ها و معابر روستاهای منطقه به‌گونه‌ای است که موجب به دام افتادن شن‌ها و ماسه‌هـای روان می‌شود و از مهم‌ترین اقدامات ساکنان در بیشتر ایام سال، ماسه‌روبی از این مکان‌هاست. هجـوم ماسـه بـه سـمت روستاها به اندازه‌ای زندگی مردم را مختل کرده است که برخی از اهالی با توجه به خشکسالی و عدم کسب درآمد مکفـی و ناتوانی در پرداخت هزینه‌های ساخت خانه‌ها با مصالح جدید، مجبور به ترک روستاهای خود شده‌اند.

انسداد راه‌های ارتباطی

اصولاً شرایط جوّی بر تمامی اشکال حمل‌ونقل تأثیر می‌گذارد و معمولاً وزش طوفان شن و ماسه بدترین وضـعیت را بـر منطقه حاکم خواهد کرد. راه‌های ارتباطی که نقش زیادی در برقراری ارتباط بـین روسـتاهای مجـاور، حمـل‌ونقـل بـار و مسافر دارند، گاهی به‌وسیلهٔ شن‌ها و ماسه‌های روان بسته می‌شوند، که یا تردد را با اشکال مواجه مـی‌سـازند و یـا بعـضاً موجب اشتباه در تشخیص مسیر راننده می‌گردند (فلاح‌تبار، ۱۳۷۹، ۵۳). در مناطقی که در مـسیر دالان‌هـای بـادی قـرار دارند، حرکت و تجمع ماسه‌های روان در جاده‌ها سبب انسداد مسیر می‌گردد و می‌بایست سریعاً به پاکسازی ماسه‌ها اقدام شود – که خود هزینه‌های زیادی دربردارد. طول جاده‌های مواصلاتی که در معرض حرکت شن‌ها و ماسه‌های روان قـرار

دارند، ۴۶ کیلومتر است. برخورد شدید ذرات شن و ماسه با سطح آسفالت جاده‌ها، تابلوها و علائم رانندگی، و تیرهای برق سبب تخریب آنها می‌شود و خسارات زیادی به‌دنبال خواهد داشت. این امر سبب می‌شود که رنگ و نوشتهٔ روی تابلوها و علائم و همچنین خط‌کشی روی جاده‌ها بر اثر برخورد ماسه‌های روان به‌تدریج از بین برود. برخورد ذرات شن و ماسه به وسایل نقلیه – که بیشتر از جنس کوارتز هستند – باعث از بین رفتن رنگ و همچنین مخدوش شدن شیشهٔ ماشین‌ها می‌شود. از این‌رو با توجه به اینکه ۸۵ درصد از حمل‌ونقل کالا و مسافر در کشور از طریق ناوگان ترابری جاده‌ای صورت می‌گیرد، ضروری است که هنگام اجرای طرح‌های راهسازی، بیش از پیش توجه خاصی به این مسائل مبذول گردد (فلاح‌تبار، ۱۳۷۹، ۵۴).

پر کردن کانال‌های آبیاری

سالانه حجم زیادی از ماسه‌های بادی وارد کانال‌های آبیاری می‌شود، که نیاز به لایروبی دارد. در برخی از مناطق، میزان تجمع ماسه‌ها به گونه‌ای است که سبب انسداد کانال‌ها می‌شود و دولت همه‌ساله برای جمع‌آوری و لایروبی ماسه‌های بادی از داخل کانال‌های آبیاری هزینهٔ زیادی را متحمل می‌شود. گاهی تجمع ماسه‌های بادی درمسیر کانال‌ها سبب انحراف آب از مسیر اصلی و همچنین کاهش سرعت حرکت آب در کانال‌ها می‌گردد. هم‌سطح بودن کانال‌های آبیاری با سطح زمین موجب تجمع ماسه‌های روان در داخل آنها شده است. پر شدن کانال‌های آبیاری به‌وسیلهٔ طوفان‌های شن و ماسه را در منطقه باید جدی تلقی کرد و هرگونه طرح عمرانی در مورد تأمین آب می‌تواند دائماً مورد تهدید ماسه‌های روان قرار گیرد (زمردیان، ۱۳۶۷، ۱۱۷).

پیش از خشکسالی، حدود ۴۴۲۷۱ متر کانال در معرض تهدید حرکت ماسه‌های بادی بوده است ولی اکنون که حدود ۷ سال از خشکسالی می‌گذرد، ۵۱۸۸۲ متر کانال کاملاً به‌وسیلهٔ ماسه‌های بادی مسدود شده است (شکل‌های ۳ و ۴ و ۵).

شکل ۳. پر شدن کانال‌های آبیاری سیمانی به طول چندین کیلومتر که بر اثر انباشت شن و ماسه غیرقابل استفاده شده‌اند

خسارت به تأسیسات

از تأسیسات مهمی که در منطقه قرار دارد، می‌توان به سدها و فرودگاه زابل اشاره کرد. خسارات طوفان‌های گرد و خاک در این بخش عبارت‌اند از:

الف) خسارات مستقیم که شامل دو قسمت است. یکی خسارات وارده بر فرودگاه (از طریق حرکت شن‌های روان، باند فرودگاه و تجهیزات موجود در آن) و دیگری کنسل شدن و تأخیر در پروازهای هواپیماها.

ب) خسارات غیرمستقیم: واحدهای خسارت‌دیده از طوفان در فرودگاه زابل شامل واحد برج، واحد مخابرات، واحد فنی، واحد مدیریت، و واحد الکترونیک هستند، که در این بخش واحد الکترونیک بیشترین خسارت را متحمل می‌گردد. از تأسیسات دیگر می‌توان به سد کُهَک اشاره کرد که در شرق منطقه قرار دارد. خشکسالی چندساله سبب شد تا خسارت زیادی به سد وارد شود. ازیک‌طرف هجوم شن‌های روان و ایجاد تپه‌های ماسه‌ای به داخل سد و از طرف دیگر برخورد ذرات شن و ماسه به پایه‌های سد سبب شده است تا به‌مرور زمان پایه‌ها از بین بروند.

خشک شدن دریاچه هامون

دریاچه هامون که حیات دشت سیستان به آن وابسته است، بر اثر خشکسالی‌های اخیر با کاهش شدید آب مواجه شده و بخش‌های وسیعی از آن به کلی خشک گردیده است و نیزارها و ماهی‌های دریاچه جای‌شان را به تپه‌های ماسه‌ای داده‌اند. این دریاچه در طول دورهٔ خشکسالی خاستگاه و منشأ برداشت شن و ماسه و انتقال به نقاط دیگر دشت سیستان شده است.

کاهش دید و بروز مشکلات حمل‌ونقل زمینی و هوایی

وزش طوفان‌های شدید و مخرب منطقه باعث می‌گردد که هوای منطقه دچار طوفان‌های گرد و خاک شود، که این امر کاهش دید را به‌دنبال دارد و مشکلاتی را برای حمل‌ونقل زمینی و هوایی ایجاد خواهد کرد (فلاح‌تبار، ۱۳۷۹، ۵۳). کاهش دید سبب می‌شود که سرعت حمل‌ونقل و تردد از حد معمول و استاندارد پایین‌تر بیاید که خود افزایش سوخت مصرفی وسایل نقلیه را در پی خواهد داشت و به تبع آن مدت زمان تردد و حمل کالا از مبدأ تا مقصد افزایش پیدا می‌کند. همچنین وزش طوفان‌های شن و ماسه و کاهش دید نیز می‌تواند در بروز تصادفات جاده‌ای تاحد زیادی مؤثر باشد.

با توجه به اینکه حداقل دید برای نشست هواپیما در فرودگاه زابل ۴-۳ کیلومتر است، در شرایط طوفانی کلیه پروازها لغو می‌شود و تا زمان صاف شدن هوا با تأخیر صورت می‌گیرد. در برخی از روزها هواپیما بر فراز آسمان زابل ظاهر می‌شود ولی به علت عدم دید کافی مجبور به بازگشت می‌گردد. همچنین کاهش دید سبب می‌شود که هواپیما قادر به نشستن یا برخاستن از روی باند فرودگاه نباشد و بعضاً مسافران را به فرودگاه شهرهای مجاور می‌برد و با فرود اضطراری خود مشکلاتی را برای مسافران به‌وجود می‌آورد.

کاهش دید بر اثر طوفان‌های شن و ماسه باعث می‌شود که کار با ماشین‌آلات کشاورزی به‌سختی انجام شود و دام‌ها به‌خاطر نداشتن دید کافی نتوانند راه‌شان را پیدا کنند و گم می‌شوند.

ایجاد بیماری برای مردم

طوفان‌های شن و ماسه بعضاً می‌توانند بیماری‌هایی را برای انسان و دام به‌دنبال داشته باشند. تحقیقات انجام‌شده نشان داده است که کراتیت شنی یکی از علل مهم کوری در دشت سیستان است. نابینایی بر اثر طوفان‌های شن و ماسه، ۲۸

درصد نابینایی‌های موجود در دشت سیستان را دربرمی‌گیرد (حسین‌زاده، ۱۳۷۶، ۱۲۳). این بیماری ناشی از فرورفتن جسم خارجی نوک تیز در قرنیه چشم است. بنابراین می‌توان ادعا کرد که طوفان‌های شن و ماسه و گردوخاک یکی از عوامل مهم نابینایی در سیستان است و علاوه بر آن به‌طور غیر مستقیم در ایجاد بسیاری از ناراحتی‌های چشمی دیگر نظیر تراخم و گلوکرم[1] نیز دخالت دارد (خسروی، ۱۳۶۸، ۱۷۸).

به غیر از کوری و سایر بیماری‌های چشمی، بیماری‌های تنفسی نظیر آسم و عفونت‌های ناشی از فرو رفتن گردوغبار به داخل شش‌ها از عوارض دیگر طوفان‌های شن و ماسه در منطقه است، و در مدت زمان وزش طوفان‌های شن و ماسهٔ ناشی از بادهای ۱۲۰ روزهٔ سیستان اکثر مردم – به‌ویژه افراد مسن و کودکان – ماسک می‌زنند تا خودشان را از بیماری در امان دارند.

خشکی، عفونت ناشی از برخورد ماسه به پوست بدن، ترک‌خوردگی و کدر شدن پوست از دیگر بیماری‌های مهمی است که طوفان شن و ماسه مسبب بروز آنهاست و به همین خاطر مردم بومی منطقه برای گریز از این بیماری‌ها پارچه‌ای را به دور سر و گردن‌شان می‌پیچند تا خود را از گزند آنها دور نگه دارند و یا عوارض سوء آنها را کاهش دهند.

گرمازدگی یکی دیگر از مشکلات زیست‌اقلیمی[2] منطقه است. در شرایط حرارتی مشابه دشت سیستان اگر انسان بدون پناهگاه مجبور به اقامت در محیط بشود، معمولاً پس از یک ساعت، یک‌چهارم آب شور بدنش را از دست می‌دهد و فوق‌العاده تشنه می‌شود. در نیمه‌های بعدازظهر ـ یعنی ۶ ساعت پس از اقامت ـ ۱۲ تا ۱۸ پوند از وزن بدنش کم می‌شود و هرگاه درجه حرارت روزانه به ۱۲۰ درجه فارنهایت (تقریباً ۴۸/۸ درجه سانتی‌گراد) برسد شخصی که در بیابان اقامت داشته است در شب حتماً خواهد مرد، ولی اگر دمای هوا از ۱۱۰ درجه فارنهایت (تقریباً ۴۳/۳ درجه سانتی‌گراد) کمتر باشد زندگی یک روز دیگر هم ادامه خواهد یافت (خسروی، ۱۳۶۸، ۱۸۱).

کاهش سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی

محصولات زراعی و باغی بر اثر وقوع خشکسالی‌های اخیر و افزایش شدت طوفان‌های شن و ماسه بیشترین خسارات را در منطقه متحمل شده‌اند، زیرا که کاهش چشمگیر بارندگی و دبی رودخانهٔ هیرمند در طی دوره خشکسالی علاوه بر وارد آوردن خسارات هنگفت به اقتصاد ناحیه، سطح زیر کشت این محصولات را به‌شدت کاهش داده است.

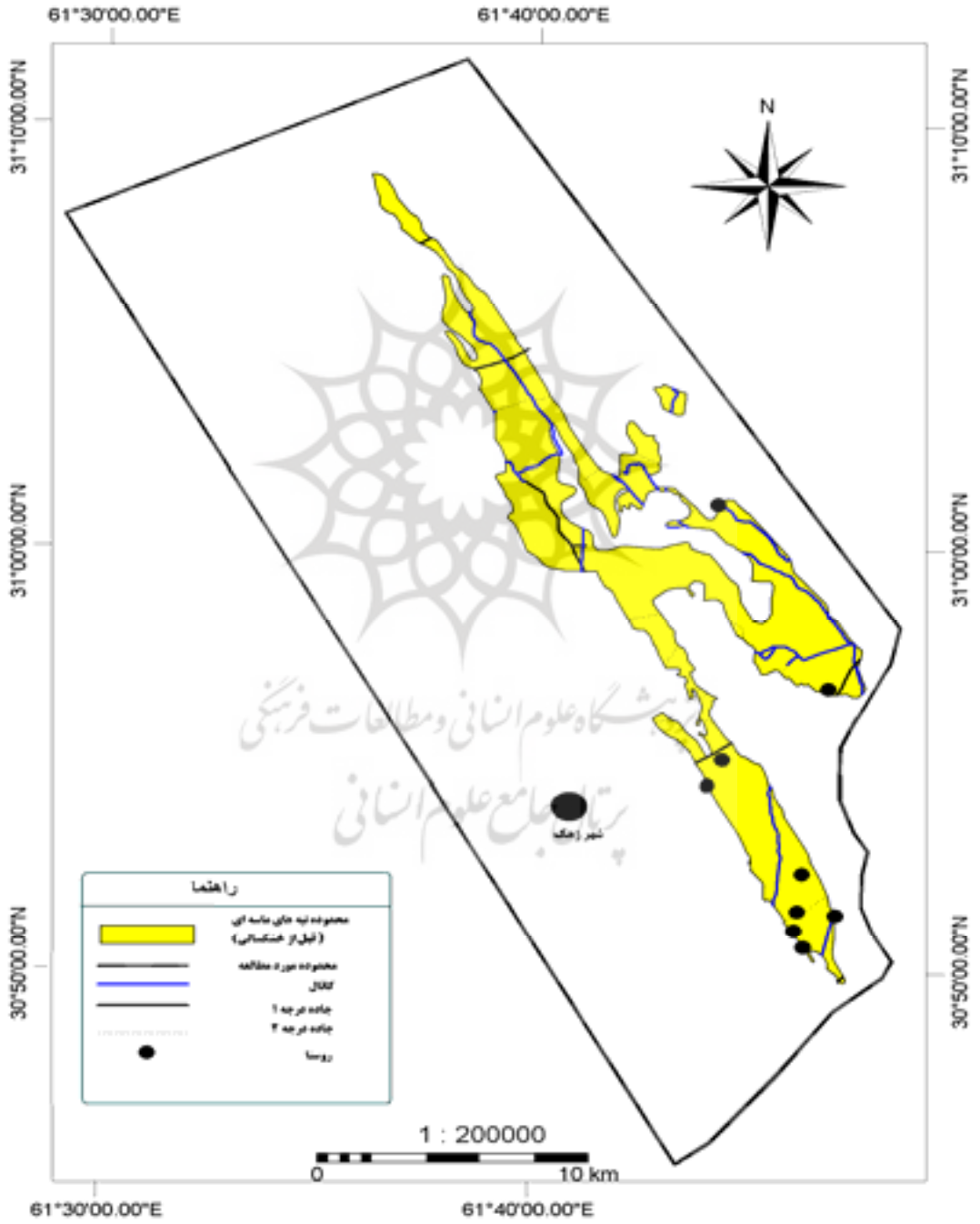
جدول ۲. مقایسه وضعیت بخش زراعت و باغداری سیستان قبل و بعد از خشکسالی

متغیر	۷۷-۱۳۷۶	۸۳-۱۳۸۲	درصد کاهش
سطح زیرکشت محصولات زراعی (هکتار)	۱۱۹۶۲۴	۲۵۴۰۷	۷۸/۸
مساحت باغ‌های (هکتار)	۲۳۰۶	۴۰۵	۸۲/۴
میزان تولید محصولات زراعی (تن)	۱۰۵۲۷۹۲	۲۲۵۹۹۸	۷۸/۵
میزان تولید محصولات باغی (تن)	۱۳۲۵۳/۶۹	۱۷۷	۹۸/۶

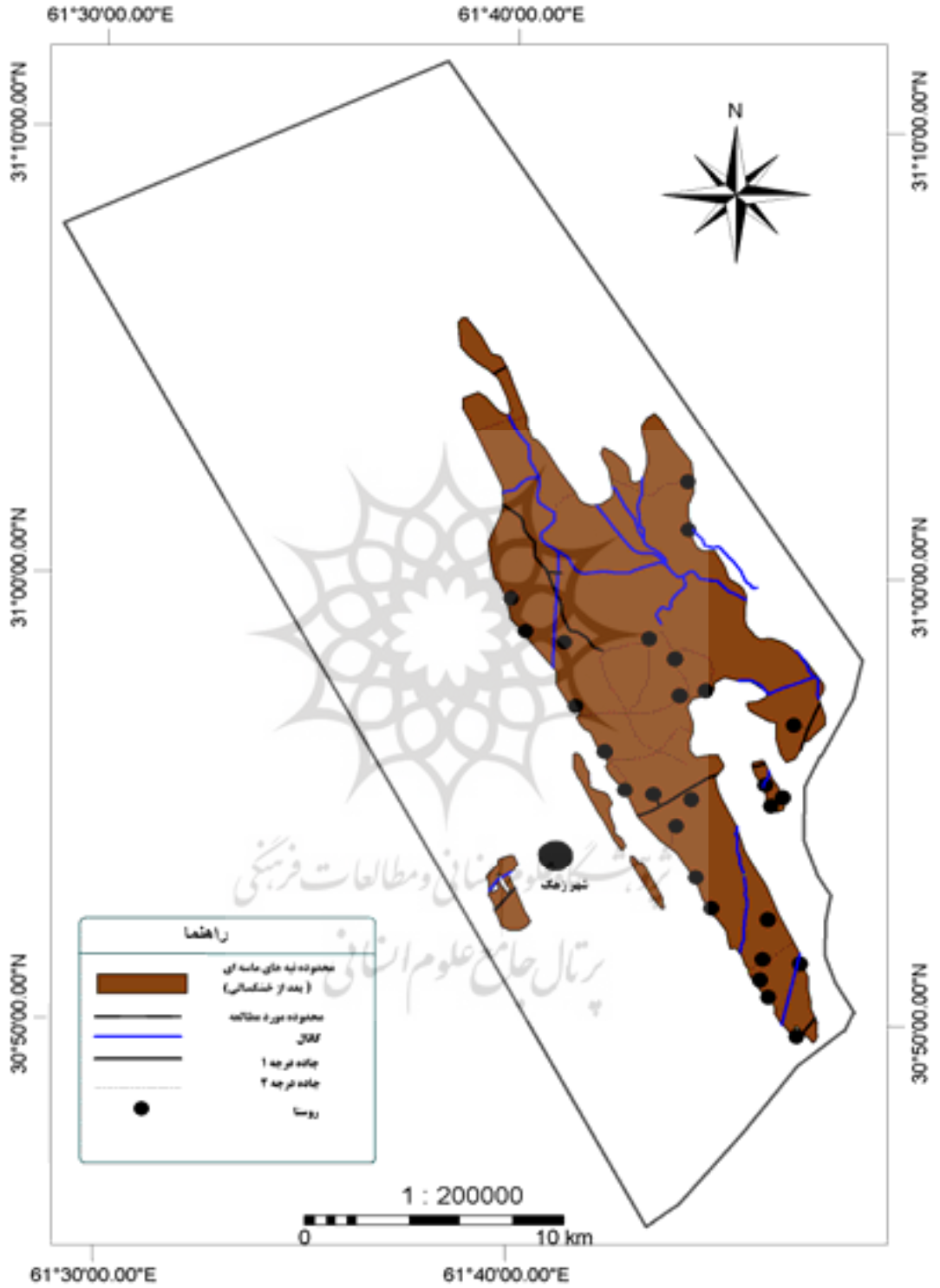
منبع: جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۳.

1. Glaucorm
2. Bio-climatic

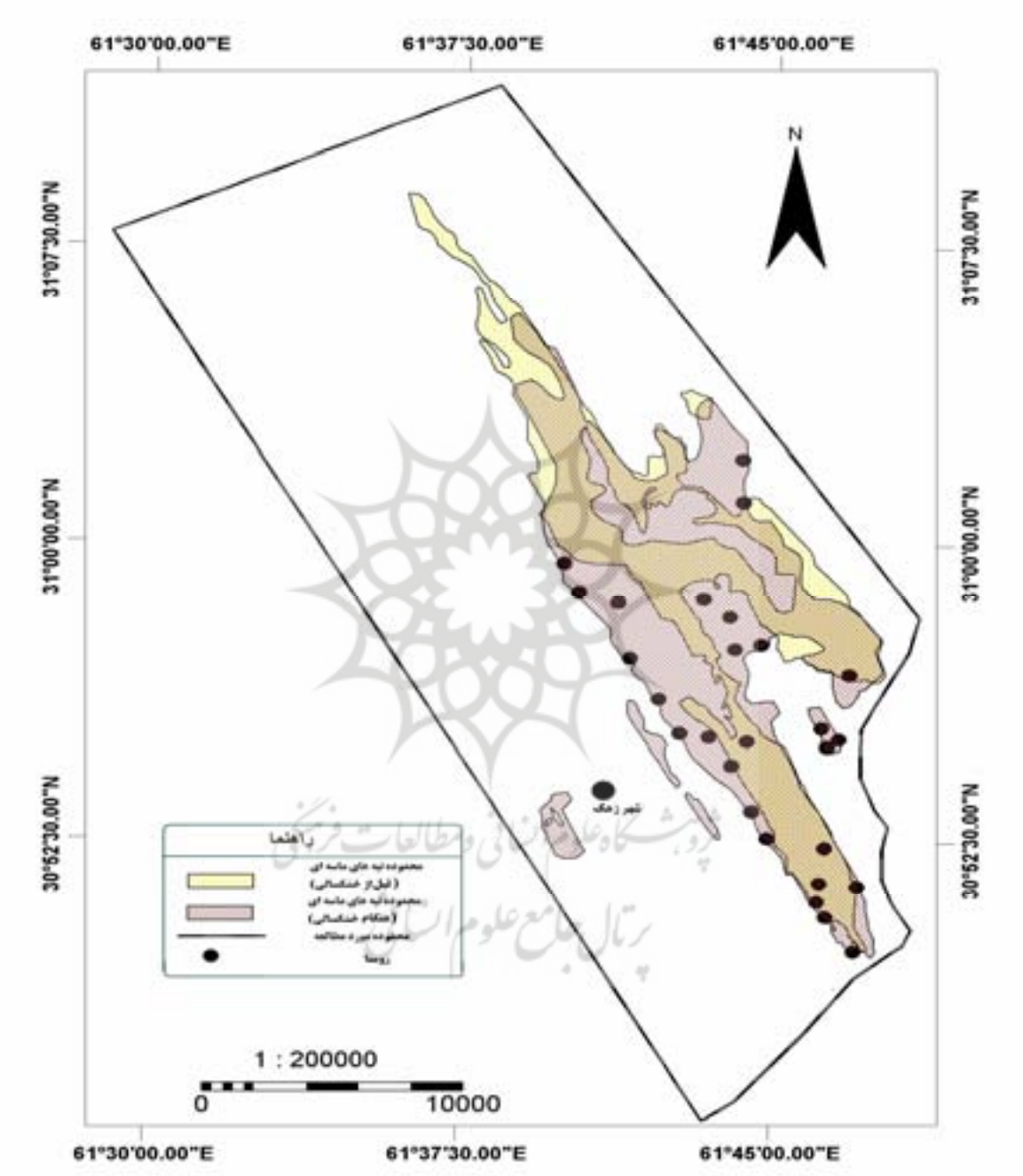
به‌منظور برآورد خسارت‌ها و گویاتر کردن پیشروی تپه‌های ماسه‌ای، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نقشهٔ محـدوده تپه‌های ماسه‌ای قبل از خشکسالی (شکل ۴) و نقشهٔ محدودهٔ تپه‌های ماسه‌ای در زمان خشکسالی (شکل ۵) ترسیم شـد و سپس از روی هم قرار گرفتن محدودهٔ تپه‌های ماسه‌ای قبل از خشکسالی و زمان خشکسالی، نقـشهٔ نهـایی (شـکل ۶) استخراج گردید.



شکل ۴. نقشهٔ محدودهٔ تپه‌های ماسه‌ای قبل از خشکسالی



شکل ۵. نقشهٔ محدودهٔ تپه‌های ماسه‌ای در زمان خشکسالی



شکل ۶. نقشهٔ مقایسهٔ محدودهٔ تپه‌های ماسه‌ای قبل از خشکسالی و زمان خشکسالی

نتیجه‌گیری

مطالعات انجام‌شده در منطقه نشان داد که شن‌ها و ماسه‌های روان بعد از هر وزش باد با سرعت زیاد حرکت می‌کنند و در حین جابه‌جایی خسارات فراوانی به مراکز مهم اقتصادی و اجتماعی وارد می‌کنند. کارهای میدانی که روی ۶ برخان در تابستان ۱۳۸۵ در منطقه مورد مطالعه انجام گرفت، نشان داد که میزان جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای از تیر تا شهریور ماه بین ۱۶/۱۸ تا ۷۲/۱۶ متر بوده است که در مقایسه با جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای بین جده و اللیته[1] در عربستان که میزان جابه‌جایی آنها در طول ۹/۹ تا ۱۶/۵ متر برآورد شده، بسیار بالاست (Al-Harthi,2002,364).

تفسیر تصاویر ماهواره‌ای حکایت از آن دارد که طی دوره ۷ سالهٔ خشکسالی، حرکت تپه‌های ماسه‌ای به اندازه‌ای زیاد بوده که باعث مدفون شدن تعداد زیادی از خانه‌های مسکونی شده و زمین‌های کشاورزی مورد هجوم قرار گرفته و باعث بیکاری تعداد زیادی از کشاورزان منطقه شده است. خسارات وارده به تأسیسات و کانال‌های آبرسانی کمتر از مراکز دیگر نبوده است، به‌طوری‌که جبران این همه خسارت، هزینه و زمان زیادی را بر جامعه تحمیل خواهد کرد. همچنین تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و کارهای میدانی نشان داد که طول کانال‌های آبیاری که بر اثر خشکسالی و حرکت ماسه‌های روان در محدودهٔ مورد مطالعه پر شده‌اند از ۴۴/۲ به ۵۱/۱ کیلومتر، جادهٔ درجهٔ ۱ از ۱۱/۶ به ۱۸/۸ کیلومتر، جادهٔ درجهٔ ۲ از ۱۳/۲ به ۴۱/۴ کیلومتر، مساحت تپه‌های ماسه‌ای از ۹۴۲۱ هکتار به ۱۴۳۵۳ هکتار، و همچنین تعداد روستاهایی که قبل از خشکسالی در معرض هجوم ماسه‌های روان بودند از ۹ به ۲۸ روستا رسیده است (ن.ک. شکل‌های ۴ و ۵ و ۶).

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان از آن دارد که بادهای ۱۲۰ روزهٔ سیستان که از اواخر اردیبهشت ماه تا اواخر شهریورماه می‌وزند، نقش مهمی در حرکت تپه‌های ماسه‌ای منطقه دارند، و به عبارت دیگر می‌توان گفت که رابطه مستقیمی بین سرعت باد و میزان پیشروی تپه‌های ماسه‌ای در منطقه وجود دارد. گرچه در سال‌های اخیر به‌علت خشکسالی، باد خسارات زیادی به منطقه وارد آورده است، ولی بالقوه می‌تواند به‌عنوان منبع عظیم استحصال انرژی نو محسوب گردد.

بررسی میزان خسارات وارده نشان می‌دهد که سالانه مناطق وسیعی ازجمله روستاها، کانال‌های آبرسانی، جاده‌ها، و تأسیسات تحت تأثیر شن‌های روان قرار می‌گیرند؛ که این روند در سال‌های آتی مناطق بیشتری را نیز دربر خواهد گرفت.

شنزار مسیر زهک به قلعه نو پیش از خشکسالی وجود نداشته و دلایل به وجود آمدن آن نیز خشک شدن بستر رودخانه هیرمند در بالادست و همچنین کانال طاهری است که از رودخانه هیرمند منشعب می‌گردد، و این بستر به همراه زمین‌های کشاورزی بالادست آن به‌عنوان محل برداشت شن‌های روان قلمداد می‌شود.

مالکان اراضی تمایل چندانی به کنترل تپه‌های ماسه‌ای در زمین‌های‌شان ندارند، چون معتقدند که این ماسه‌ها پس از مدتی پیشروی می‌کنند و از زمین‌های آنها خارج می‌گردند. پیشروی تپه‌های ماسه‌ای بر اثر نابودی پوشش گیاهی، کمبود بارندگی، و سرعت زیاد باد به‌وجود می‌آید، لذا در زمینه جلوگیری از پیشروی تپه‌های ماسه‌ای اقدامات اساسی باید صورت گیرد.

1. Al-Lith

تفسیر تصاویر ماهواره‌ای و محاسبه‌های میدانی مشخص ساخت که مخزن‌های آبی چاه نیمه که تنها منبع آب شرب مردم سیستان و شهرِ حدود ۹۰۰۰۰۰ نفری زاهدان است و عاملی مهم برای ماندگاری مردم در این منطقه به‌شمار می‌آید، در چند سال آینده مورد تهدید جدی شن‌های روان قرار خواهد گرفت، به‌گونه‌ای که اگر از هجوم شن‌ها و ماسه‌های روان به این مخزن‌ها جلوگیری نشود، موجودیت این منبع آبِ بسیار حساس و مهم به خطر خواهد افتاد و زندگی مردم منطقه را با مشکل مواجه می‌سازد. بنابراین با توجه به اینکه حرکت تپه‌های ماسه‌ای به‌طرف جنوب شرق است و چاه نیمه‌ها که تأمین‌کننده آب منطقه هستند در قسمت جنوب شرقی منطقهٔ موردمطالعه واقع شده‌اند، تا چند سال آینده مقصد نهایی تپه‌های ماسه‌ای خواهند بود که متأسفانه در صورت پر شدن مخازن چاه نیمه از رسوبات بادی، خطر و بحران عظیمی این سرزمین را تهدید خواهد کرد.

منابع

امیدوار، کمال، ۱۳۸۵، **بررسی و تحلیل سینوپتیکی طوفان‌های ماسه در دشت یزد – اردکان**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره پیاپی ۸۱، صص ۴۳ تا ۴۸.

ایرانمنش، فاضل و همکاران، ۱۳۸۴، **بررسی مناطق برداشت ذرات گردوغبار و ویژگی‌های انتشار آنها در طوفان‌های منطقه سیستان با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای**، نشریه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، شماره ۶۷، صص ۲۵ تا ۳۳.

جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان، مدیریت طرح و برنامه، ۱۳۸۳، **گزارش تداوم بحران خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان و اقدامات انجام‌شده در خصوص مقابله با آن**، ص ۱۵.

حسین‌زاده، سیدرضا، ۱۳۷۶، **بادهای ۱۲۰ روزه سیستان**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال دوازدهم، شماره ۳، شماره پیاپی ۴۶، ص ۱۰۳ تا ۱۲۷.

حیدری‌نسب، مهدی، ۱۳۸۶، **نقش باد در ایجاد لندفرم‌های بادی در منطقه نیاتک سیستان**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما حسین نگارش، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ص ۱۰۴.

خالدی، شهریار، ۱۳۷۴، **آب‌وهواشناسی کاربردی (کاربرد آب‌وهوا در برنامه‌ریزی ناحیه‌ای)**، نشر قومس، ص ۲۹۵.

خسروی، محمود، ۱۳۶۸، **اثرات نامساعد بیوکلیمایی ناشی از عوامل طبیعی در دشت سیستان**، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۱۳، ص ۱۶۳ تا ۱۸۴.

خسروی، محمود، ۱۳۸۴، **طرح پژوهشی «اثرات اکولوژیکی و زیست‌محیطی بادهای ۱۲۰ روزه در سیستان»**، سازمان حفاظت محیط زیست استان سیستان و بلوچستان، مشاور طرح پژوهشکده علوم زمین و جغرافیای دانشگاه سیستان و بلوچستان، ص ۳۰۰.

زمردیان، محمدجعفر و محسن پورکرمانی، ۱۳۶۷، **بحثی پیرامون ژئومورفولوژی استان سیستان و بلوچستان**، ویژه‌نامه آب و خاک زابل، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹، ص ۱۰۰ تا ۱۲۱.

سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، **نقشه‌های توپوگرافی منطقه با مقیاس‌های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰۰.**

سرگزی، حسین، ۱۳۸۴، **منشأیابی و ارزیابی شدت و خسارات تپه‌های ماسه‌ای بیابان نیاتک سیستان**، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه منابع طبیعی گرگان، ص ۱۳۶.

سلیقه، محمد، ۱۳۸۲، **توجه به باد در ساخت کالبد فیزیکی شهر زابل**، نشریه جغرافیا و توسعه، شماره ۲، ص ۱۰۹ تا ۱۲۱.

عظیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۱، **مطالعه تأثیر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در شاخص فرسایش‌پذیری خاک و ارائه مدل جهت پیشگویی آن**، نشریه علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان، ص ۱ تا ۱۱.

فلاح‌تبار، نصرا...، ۱۳۷۹، **تأثیر برخی عوامل جغرافیایی بر شبکه راه‌های کشور**، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی شماره ۳۸، ص ۴۷ تا ۵۵.

کاویانی، محمدرضا، ۱۳۸۰، **میکروکلیماتولوژی**، انتشارات سازمان سمت، ص ۳۳۷.

مرکز سنجش از دور ایران، **تصاویر ماهواره‌ای (IRS)** (Indian Remote Sensing Satellite) با دقت ۵/۸ متر مربوط به سال ۱۳۸۵.

مرکز سنجش از دور ایران، **تصاویر ماهواره‌ای لندست TM مربوط به سال‌های ۲۰۰۴، ۲۰۰۲، ۱۹۹۸.**

مقصودی، مهران، ۱۳۸۵، **شناخت فرآیندهای مؤثر بر توسعه و تحول عوارض ماسه‌ای (مطالعه موردی عوارض ماسه‌ای چاله سیرجان)**، نشریه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۶، ص ۱۴۹ تا ۱۶۰.

مهندسین مشاور سامانه فرایندهای محیطی، ۱۳۸۱، **طرح مطالعات تفصیلی اجرایی بیابانزدایی بخشی از هامون**، اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان.

نورزهی، فرامرز، ۱۳۷۲، **بررسی اثرات تخریبی سیلاب‌های رودخانه هیرمند**، پایان‌نامه کارشناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ص ۱۹۵.

Al-Harthi, Abbas Aifan, 2002, **Geohazard Assessment Of Sand Dunes Between Jeddah and Al-Lith**, Western Saudi Arabia, Environmental Geology, PP 360-369.

Jiongxin, Xu, Yang, Jishan and Yunxia Yan, 2006, **Erosion and Sediment Yield as Influenced by Coupled Eolian and Fluvial Processes: The Yellow River, China, Geomophology**, Volume 73, pp1-15.

Lin, Guanghui, 2002, **Dust bowl in the 1930' sand storms in the USA, Global Alarm, Dust and sand storms from the world's dry lands**, United Nations.

Lin, L.Y., E. Skidmore, E. Hasi, L. Wagner and J.Tatarok, 2005, **Dune sand transport as influenced by wind directions, speed and frequencies in the Ordos Plateau, China**, Geomorphology, volume 67, pp 283-297.

Nicholas P.Webb, Hamish A. McGowan, Stuart R. Phinn and Grant H. Mc Tainsh, 2006, **AUSLEM (Australian Land Erodibility Model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia**, Geomorphology, volume 78, pp 179-200.

Squires, Victor, R, 2002, **Dust and sand storms: An early warning of impending disaster, Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands**, United Nations.

Washington, R. M. Tood, N.J Middleton and A.S. Goudie, 2000, **Global dust storm source areas determined by total ozone monitoring spectrometer and ground observations**, Scool of Geography and the Environment University of Oxford, pp: 297-313.

Youlin, Yang, 2002, **Black windstorm in northwest China: A case study of the stormy sand-dust storms on May 5th 1993, Global Alarm: Dust and sand storms from the world's dry lands**, United Nations.