

## مطالعه برخی خصوصیات خاکی و فاکتورهای موثر بر پایداری خاکدانه خاک در مناطق مستعد فرسایش بادی (مطالعه موردی: در دشت سیستان)

مهدی آبسالان<sup>۱</sup>، علی شهیریاری<sup>۲\*</sup>، علیرضا ضیائی جاوید<sup>۲</sup>، محمدرضا پهلوان راد<sup>۴</sup>، ابوالفضل بامری<sup>۵</sup>

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل. [a.mahdi3424475@gmail.com](mailto:a.mahdi3424475@gmail.com)

۲\*-استادیار، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل. [shahriari.ali@uoz.ac.ir](mailto:shahriari.ali@uoz.ac.ir)

۳-محقق، موسسه تحقیقات آب و خاک کشور. [alirezaziae65@gmail.com](mailto:alirezaziae65@gmail.com)

۴-استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان. [pahlavanrad@gmail.com](mailto:pahlavanrad@gmail.com)

۵-مربی، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل. [rbameri@uoz.ac.ir](mailto:rbameri@uoz.ac.ir)

### چکیده

فرسایش خاک یکی از عوامل اصلی تخریب سرزمین در زیست‌بوم می‌باشد و بر روی اجزاء زیست‌بوم و مدیریت پایدار آن بسیار اثر گذار هستند. به عبارت دیگر، فرسایش بادی یکی از جنبه‌های مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و این فرسایش در مناطق بیابانی دارای شدت بیشتری بوده و با قدرت زیادتری منجر به تخریب اراضی می‌شود. تنوع این عوامل ناشی از تفاوت مناطق و محل‌ها در حساسیت به فرسایش بادی است. لذا مطالعه بر روی فرسایش‌پذیری عامل فرسایش‌پذیر (خاک) دارای اهمیت بسزایی است. پایداری خاکدانه خشک (DAS) یکی از خصوصیات مهم خاک است که جهت نشان دادن فرسایش‌پذیری بادی خاک در برابر فرسایش بادی استفاده می‌شود. از این رو پژوهش حاضر با هدف بررسی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و رابطه آنها با پایداری خاکدانه خشک در اراضی دشت سیستان انجام شد. بدین منظور بر اساس نقشه سری‌های خاک منطقه تعداد حدود ۱۸۱ نقطه به صورت نظارت شده تصادفی انتخاب و در هر نقطه از خاک سطحی (عمق ۱۰-۰ سانتیمتری) نمونه مرکب برداشته شد. خصوصیات نظیر درصد شن، سیلت، رس، کربن آلی، کربنات کلسیم معادل (آهک)، مقادیر واکنش خاک (pH)، نسبت جذب سدیم (SAR) و هدایت الکتریکی (EC) در نمونه‌های خاک بر اساس روش‌های متداول اندازه‌گیری شد. پایداری خاکدانه خشک (DAS) نیز با روش آزمایشگاهی استاندارد برآورد شد. بررسی ارتباط بین خصوصیات خاک و پایداری خاکدانه خشک خاک از آزمون همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج نشان داد دشت سیستان دارای خاک‌هایی با بافت متوسط، مقدار کربن آلی کم، کربنات کلسیم معادل متوسط و شور و قلیا هستند. همچنین نشان از همبستگی مثبت و معنی‌داری (در سطح ۹۹ درصد) بین درصد رس، سیلت، درصد اشباع، کربن آلی و کربنات کلسیم معادل با پایداری خاکدانه خشک خاک داشت. در همان حال درصد شن دارای همبستگی منفی و معنی‌داری (در سطح ۹۹ درصد) با پایداری خاکدانه خشک خاک بود. نتایج حاکی از این است که در این منطقه خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک که نقش مثبت و موثر در ارتباط با پوشش گیاهی و خاکدانه‌سازی خاک دارند، اثرگذار در مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی هستند.

### واژه‌های کلیدی:

بادهای یکصد و بیست روزه، فرسایش‌پذیری خاک، عوامل خاکی، گرد و غبار، مقاومت خاک

#### مقدمه

تخریب سرزمین (اراضی)<sup>۱</sup> به معنای کاهش قابلیت منابع سرزمین در اثر فرآیند یا ترکیبی از فرآیندهایی نظیر فرسایش تشدید، خاک توسط آب یا باد، رسوبگذاری، کاهش میزان و تنوع پوشش گیاهی طبیعی، کاهش مواد مغذی خاک، افزایش خشکی و شوری و سدیمی شدن خاک است (آرنولد، ۱۹۹۲). تخریب خاک ممکن است در مدت زمان کوتاهی اتفاق بیفتد در حالیکه ترمیم یک خاک تخریب یافته و استقرار مجدد پوشش گیاهی در آن، به زمان طولانی نیاز دارد (ژائو و همکاران، ۲۰۰۵).

فرسایش خاک یکی از عوامل اصلی تخریب سرزمین در زیست‌بوم می‌باشد و بر روی اجزاء زیست‌بوم و مدیریت پایدار آن بسیار اثر گذار هستند. به عبارت دیگر، فرسایش بادی یکی از جنبه‌های مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (کوپینگر و همکاران، ۱۹۹۱). به طوری که یک ششم مساحت اراضی دنیا را تحت تأثیر خود قرار داده است (اسکیدمور، ۲۰۰۰). در سطح جهانی حدود ۵۴۹ میلیون هکتار زمین در اثر فرسایش بادی موجب تخریب قرار گرفته است (شوبرمانیان و چینپا، ۲۰۰۲) که ۲۹۶ میلیون هکتار آن دارای فرسایش بادی شدید می‌باشد (لئ، ۲۰۰۳). باد معادل ۲۵ درصد سطح بیابان‌های کره زمین رابه‌وسیله شن پوشش داده و سالیانه صدها میلیون تن خاک را از آن کنده و جابه‌جا می‌کند. وجود صدها کیلومتر مربع از تپه‌های ماسه‌ای با بیش از ۳ متر ارتفاع و هرکدام با پیشروی بیش از ۱۵ متر در سال، پدیده‌های معمول در بیابان‌ها هستند (رفاهی، ۱۳۸۵). رسوبات حاصل از ماسه‌های بادی حدود ۶ درصد سطح خشکی‌های کره زمین را تشکیل می‌دهد که حدود ۹۷ درصد آن در مناطق خشک و وسیع ماسه‌زارها قرار دارد. به‌طور متوسط حدود ۲۰ درصد مناطق خشک دنیا از ماسه‌های بادی پوشیده شده است. این در حالی است که فرسایش بادی یکی از عوامل اصلی محدود کننده حاصلخیزی خاک در بسیاری از نقاط جهان (ژائو و همکاران، ۲۰۰۶) از جمله ایران می‌باشد.

همانطور که اشاره شد، فرسایش بادی در مناطق بیابانی دارای شدت بیشتری بوده و با قدرت زیادتری منجر به تخریب اراضی می‌شود. تنوع این عوامل ناشی از تفاوت مناطق و محل‌ها در حساسیت به فرسایش بادی است که کلیه آن‌ها در ارتباط با هم بوده و به اتفاق منجر به افزایش یا کاهش شدت فرسایش بادی در یک منطقه می‌شوند (احمدی، ۱۳۸۵). همچنین فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک منبع اصلی گرد و غبار اتمسفر می‌باشد و یکی از فرآیندهای مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و بیابانی است که با توجه به شرایط اقلیمی خشک و فرا خشک ایران، بخش‌های زیادی از مرکز، جنوب و شرق ایران تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارند (مه‌دیان، ۱۳۸۴).

از دیدگاه فرآیندی، فرسایش بادی شامل سه فرآیند برداشت، انتقال و رسوب گذاری ذرات بوده و بستگی به دو عامل فرساینده‌گی باد (ژائو و پیا، ۲۰۱۰) و فرسایش‌پذیری خاک دارد (گومز و همکاران، ۲۰۰۳) در حقیقت، نیروی فرساینده ناشی از سرعت باد، باعث ایجاد مکش و بالا کشیدن ذرات از سطح خاک می‌شود. اگر برآیند این نیروها بیش از نیروی هم چسبی و اصطکاک بین ذرات خاک باشد، ذرات از محل اولیه خود جدا شده و در این صورت وقوع فرسایش حتمی است (کینگ و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر سرعت باد، خصوصیات خاک نیز شدت فرسایش بادی را کنترل می‌کنند. یکی از مهم‌ترین عوامل موثر بر فرسایش‌پذیری خاک، توزیع اندازه ذرات و خاک دانه‌های موجود در سطح است (محمودآبادی و همکاران ۱۳۹۰؛ کولازو و بوشیازو، ۲۰۱۰). بدیهی است شناخت شرایط خاک سطحی به ویژه از نظر عامل زبری، در مدل سازی فرسایش بادی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد (زوبک و ون پلت، ۲۰۰۶).

غرب آسیا با دارا بودن اقلیم خشک و نیمه‌خشک از دیرباز همیشه تحت تأثیر طوفان‌های گرد و غبار قرار داشته است. در دهه اخیر تشدید طوفان‌ها از لحاظ شدت، وسعت و تکرار در منطقه و تأثیرگذاری آن بر غرب، جنوب و مرکز کشور ایران پدیده جدید و متفاوت با روند طبیعی این نوع پدیده در منطقه است (شعاعی، ۱۳۹۴). همانطور که پیش‌تر اشاره شد باد عامل اصلی در فرسایش بادی است. در بین بادهای محلی ایران، بادهای ۱۲۰ روزه سیستان شهرتی خاص دارند که در بخش شرقی ایران برای مدتی از سال حاکمیت می‌یابند (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۷۶). این بادهای از اوایل خرداد ماه تا اواخر شهریور ماه با جهت شمال غربی تا شمال

<sup>1</sup> Land degradation



شرقی در منطقه وسیعی از استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی و خراسان رضوی می‌وزند و باعث بروز طوفان‌های شدید گرد و غبار در این مناطق می‌شوند (گندمکار و همکاران، ۱۳۸۵). میدلتون (۱۹۸۶) با مطالعه طوفان‌های گرد و غبار را در شرق خاورمیانه اظهار داشت که حدود ۸۱ طوفان گرد و غبار در سال ایجاد می‌شود، همچنین در ایران بیشترین دوره‌ی طوفان‌های گرد و غبار از حوزه‌ی سیستان گزارش شده است که در آن هرساله به‌طور متوسط ۸۰/۷ روز طوفان‌های گرد و غبار وجود دارد. در سال‌های اخیر خشک شدن تالاب‌های هامون بر شدت طوفان‌های سیستان افزوده است به طوری که سیستان در سال ۲۰۱۶ آلوده‌ترین شهر جهان معرفی شد (سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۱۶).

پایداری خاکدانه خشک (DAS) یکی از خصوصیات خاکی مهم است که جهت نشان دادن فرسایش‌پذیری بادی در برابر فرسایش بادی استفاده می‌شود و این امکان را می‌دهد که یک مدل‌سازی ساده ریاضی برای تخمین مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی در هر منطقه صورت گیرد (کولازو و بوشیازو، ۲۰۱۰). لینگ و همکاران (۲۰۱۸) جهت مطالعه میزان فرسایش بادی در اراضی مرتعی، زراعی شخم خورده و زراعی بدون شخم مناطق خشک چین از پایداری خاکدانه خشک (DAS) استفاده نمودند. نتایج آنها نشان داد که میزان فرسایش بادی در مرتع از دو کاربری دیگر بیشتر بود.

کولازو و بوشیازو (۲۰۱۰) جهت مطالعه فرسایش‌پذیری خاک در برابر فرسایش بادی از فاکتور پایداری خاکدانه خشک (DAS) در اراضی زراعی و غیر زراعی مناطق نیمه خشک آرژانتین استفاده نمودند. ایشان بر اساس مطالعه این فاکتور و خصوصیات خاکی مرتبط با آنها دریافتند که در خاک‌هایی با بافت ریز شخم به دلیل ایجاد زبری مقاومت در برابر فرسایش بادی را افزایش می‌دهد. همچنین خاک‌هایی با بافت متوسط افزایش ماده آلی خاک و با بافت درشت ایجاد و حفظ پوشش گیاهی مقاومت در برابر فرسایش بادی را افزایش می‌دهد. همچنین پای و همکاران (۲۰۱۹) پیشنهاد دادند که به علت متاثر بودن پایداری خاکدانه‌های خشک خاک از بخش فرسایش‌پذیر بادی (EF)، این فاکتور در معادله مدل RWEQ استفاده شود.

همانطور که اشاره شد، منطقه سیستان در شرق ایران واقع در دلتای رودخانه هیرمند و دارای اقلیمی به شدت خشک با وزش بادهای شدید موسوم به بادهای یکصد و بیست روزه است. از این رو فعالیت‌های آبی و بادی آذر این منطقه بسیار فعال هستند و در پیدایش خاک‌ها و پراکنش آنها در سیستان نقش دارند (میرک‌زهی و همکاران، ۲۰۱۸). لذا مطالعه فرسایش‌پذیری این خاک‌ها و عوامل موثر بر آن در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. از این رو پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ با هدف بررسی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و رابطه آنها با پایداری خاکدانه خشک در اراضی دشت سیستان انجام شد.

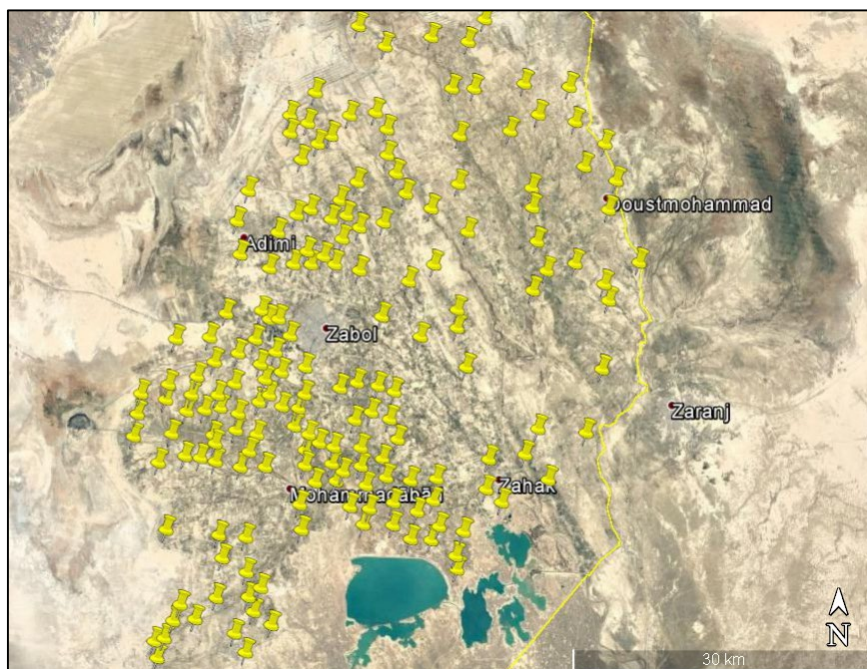
## مواد و روش‌ها

دشت سیستان بر روی دلتای رودخانه هیرمند (دشت سیلابی) در شرق ایران و در شمال استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۴۸۵ متر، متوسط بارندگی سالیانه ۵۵ میلی‌متر و تبخیر و تعرق سالانه در این منطقه ۴۵۰۰ الی ۵۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد که بسیار بالا است. بادهای نیرومند ۱۲۰ روزه در این منطقه منحصر به فرد بوده و یکی از مهمترین عوامل دخیل در مقدار بالای تبخیر و تعرق علاوه بر دمای بالای منطقه، است. رژیم رطوبتی و دمایی خاک منطقه به ترتیب اریدیک و هایپرترمیک می‌باشد (میرک‌زهی و همکاران، ۲۰۱۸).

<sup>1</sup> Fluvial

<sup>2</sup> Aeolian

با روش تصادفی تعداد حدود ۱۸۱ نقطه در سری‌های خاک غالب دشت سیستان مشخص و از لایه اول خاک (خاک سطحی) نمونه‌برداری انجام می‌شود (شکل ۱). نمونه‌های خاک ابتدا هوا خشک و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نظیر، درصد شن، سیلت، رس، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع، واکنش خاک (pH) در گل اشباع، درصد اشباع (SP)، نسبت جذب سدیم (SAR)، درصد کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک با استفاده از روش‌های رایج اندازه‌گیری می‌شوند.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه و نقاط نمونه‌برداری

معادله اندازه‌گیری پایداری خاکدانه خشک (DAS) به صورت ذیل است (کولازو و بوشیازو، ۲۰۱۰):

$$DAS = [1 - (W < 0.842 / W > 0.841)] \times 100 \quad (\text{معادله ۱})$$

که در آن DAS درصد پایداری خاکدانه خشک،  $W < 0.842$  وزن خاکدانه‌های کوچکتر از ۰/۸۴ میلی‌متر در زمان دوم و  $W > 0.841$  وزن خاکدانه‌های بزرگتر از ۰/۸۴ میلی‌متر در زمان اول است. زمان اول پس از ۳۰ ثانیه شیک کردن و زمان دوم پس از ۵ دقیقه شیک کردن (با احتساب ۳۰ ثانیه اول) است (لینگ و همکاران، ۲۰۱۸). شایان ذکر است از نمونه‌های خاکی برای این آنالیز انجام شده که الک نشده بودند (حداقل دست خوردگی و تخریب).

بررسی ارتباط بین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک و بخش فرسایش پذیر بادی خاک با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون در نرم افزار SPSS نسخه شماره ۲۰ انجام شد.

## بحث و نتایج:

خلاصه آماری ویژگی‌های مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است. خاک قالب منطقه دارای بافت متوسط تا درشت بود و عمدتاً غالبیت با ذرات سیلت و شن بود. که این نتایج با نتایج سایر محققین که در این منطقه پژوهش نمودند، همخوانی داشت (پهلوان راد و اکبری مقدم، ۲۰۱۸؛ میرک زهی و همکاران، ۲۰۱۸؛ شهریاری و همکاران، ۲۰۱۹). به نظر می‌رسد به دلیل فعالیت‌های آبرفتی و بادرفتی این نتیجه حاصل شده است.

میانگین کربن آلی در منطقه ۰/۵۵ درصد بود و نشان از بسیار کم بودن ماده آلی در خاک‌های منطقه دارد. مطالعات دیگر در منطقه نیز مقدار کربن آلی خاک را کمتر از ۰/۵ درصد اعلام نمودند (غلامعلی زاده آهنگر و همکاران، ۱۳۹۳؛ میر و همکاران، ۱۳۹۴؛ پهلوان راد و همکاران، ۲۰۱۸). پژوهشگران اظهار داشتند که ذخایر کربن آلی و به تبع آن مواد آلی در خاک‌های مناطق خشک (مانند دشت سیستان) بسیار کم می‌باشد و این به دلیل اقلیم خشک حاکم، پوشش گیاهی فقیر و شدت فعالیت عوامل فرسایشی بخصوص عامل فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد (غلامعلی زاده آهنگر و همکاران، ۱۳۹۳).

کربنات کلسیم معادل خاک مقدار متوسطی را نشان داد (میانگین بیش از ۲۰ درصد). در اراضی پست و دشت‌های سیلابی با توجه به نزدیک بودن آب زیرزمینی غنی از کربنات‌ها به سطح خاک، تجمع و فراهمی آن در خاک طبیعی است (اسچترل و اندرسون، ۲۰۰۵) که یکی از رایج‌ترین آن کربنات کلسیم می‌باشد.

جدول ۱- خصوصیات آماری متغیرهای مورد مطالعه

چولگی	کشیدگی	انحراف معیار	واریانس	میانگین	بیشینه	کمینه	
<b>خصوصیات فیزیکی</b>							
-۰/۷۵۵	-۰/۰۳۷	۱۶/۰۷۳	۲۵۸/۳۲۶	۷۲/۱۸	۹۶/۰۴	۲۲/۸۹	درصد پایداری خاکدانه خشک
۰/۲۳۳	-۰/۹۲۴	۱۹/۶۸۹	۳۸۷/۶۴۵	۴۲/۸۷	۸۹	۱۰	درصد شن
۰/۰۷۹	-۰/۳۱۹	۱۴/۸۹۶	۲۲۱/۸۹۳	۴۱/۴۵	۸۳	۷	درصد سیلت
۰/۸۹۷	۰/۲۵۸	۸/۱۴۶	۶۶/۳۶۳	۱۵/۶۸	۴۳	۳	درصد رس
۰/۷۳۱	۰/۰۰۴	۷/۰۱۳	۴۹/۱۷۶	۳۳/۶۷	۵۴/۹	۲۱	درصد اشباع
<b>خصوصیات شیمیایی</b>							
-۰/۲۱۳	-۱/۹۷۷	۰/۴۹۹	۰/۲۴۹	۰/۵۵	۱/۴۶	۰/۱	درصد کربن آلی
۱/۱۳۸	۸/۵۸۵	۳/۰۹۲	۹/۵۶۲	۲۰/۲۲	۳۹/۵	۱۲/۵	درصد کربنات کلسیم معادل
۱/۱۷۳	-۰/۶۳۱	۰/۴۳۳	۰/۱۸۸	۸/۲۵	۸/۹	۷/۸	واکنش خاک
۳/۱۷۲	۱۰/۹۱	۳۵/۶۴	۱۲۷۰/۲۱۸	۱۹/۲۷	۲۱۸	۱	هدایت الکتریکی
۴/۱۴۹	۱۸/۴۰۴	۹۱/۸۳۱	۸۴۳۲/۹۷۶	۳۸/۱۷	۶۲۴/۷	۱/۲	نسبت جذب سدیم

در کل دشت سیستان مقدار واکنش خاک (pH) بالا بوده و در محدوده خنثی تا قلیایی متغیر بود. مقدار میانگین این پارامتر (۸/۲۵) نشان از قلیایی بودن خاک منطقه دارد. شایان ذکر است مقادیر بدست آمده بسیار مشابه میانگین واکنش خاک‌های دشت سیستان می‌باشد (غلامعلی زاده آهنگر و همکاران، ۱۳۹۳؛ میر و همکاران، ۱۳۹۴؛ هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵؛ سارانی و همکاران، ۲۰۱۶؛ پهلوان راد و اکبری مقدم، ۲۰۱۸).

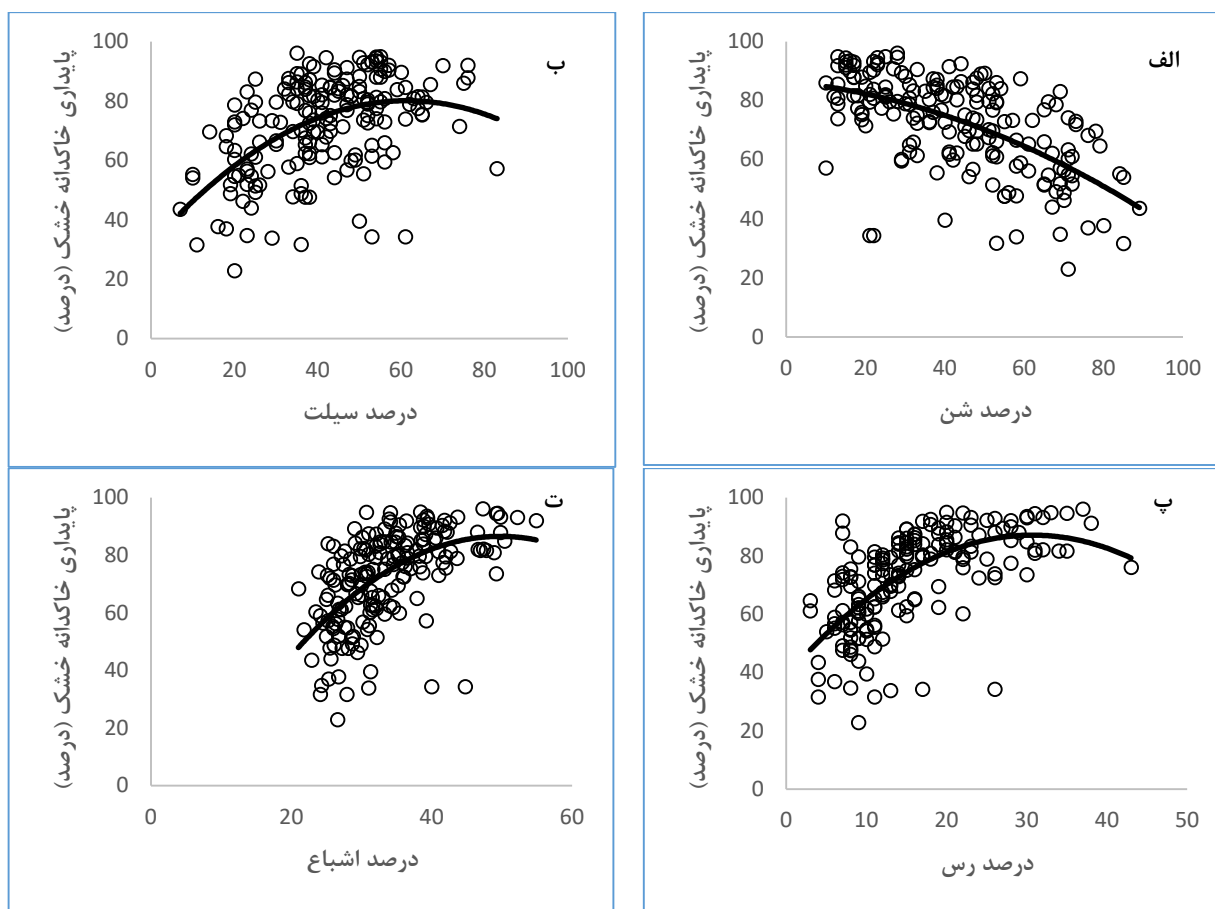
هدایت الکتریکی خاک و نسبت جذب سدیم دارای تغییرات زیادی در دشت سیستان هستند و در منطقه خاک‌هایی بدون مشکل شور و سدیمی بودن تا خاک‌هایی به شدت شور و سدیمی مشاهده شد. مقادیر بدست آمده برای EC بسیار بیشتر از میانگین EC خاک‌های دشت سیستان می‌باشد (غلامعلی زاده آهنگر و همکاران، ۱۳۹۳؛ هاشمی و همکاران، ۱۳۹۵؛ سارانی و همکاران، ۲۰۱۶). بالا رفتن مقدار سدیم باعث پراکنش رس‌ها و تخریب ساختمان خاک شده (اسچترل و اندرسون، ۲۰۰۵) و نتیجتاً میزان فرسایش‌پذیری بادی افزایش می‌یابد (تاجیک و همکاران، ۱۳۸۱). شوری خاک یک معضل محیط زیستی جدیدی است که می‌تواند توانایی استقرار گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد و شور و سدیمی شدن خاک رشد گیاهان را کاهش و یا سبب از بین رفتن آن‌ها می‌شود (اخضری و همکاران، ۲۰۱۵).

تمامی خصوصیات فیزیکی خاک مورد مطالعه رابطه معنی‌داری (در سطح ۹۹ درصد) با پایداری خاکدانه خشک خاک (DAS) نشان دادند (جدول ۲ و شکل ۲). همانطور که ملاحظه می‌شود درصد شن همبستگی منفی ولی درصد رس، سیلت و اشباع همبستگی مثبت با پایداری خاکدانه خشک خاک نشان دادند. به عبارت دیگر با افزایش شن در خاک‌های منطقه سیستان پایداری خاکدانه‌ها کاهش یافته و حساسیت خاک به فرسایش بادی بیشتر می‌شود. ولی هر چه سیلت و رس بیشتر شود مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی بیشتر می‌شود. درصد اشباع خاک منعکس کنند شرایط تخلخل خاک و به نوعی شرایط ساختمان خاک است و هر چه شرایط تخلخل و ساختمان خاک بهتر باشد، حساسیت خاک به فرسایش بادی کمتر می‌شود. کولازو و بوشیازو (۲۰۱۰) به رابطه مثبت رس و منفی نسبت شن بر رس با پایداری خاکدانه خشک خاک اشاره نمودند. پای و همکاران (۲۰۱۹) نیز به نقش مثبت رس بر پایداری خاکدانه خشک خاک تاکید نمودند و اظهار داشتند که مقدار پایداری خاکدانه خشک را می‌توان با توجه به مقادیر رس در خاک‌ها تخمین زد.

جدول ۲- نتایج آنالیز همبستگی بین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و پایداری خاکدانه خشک خاک

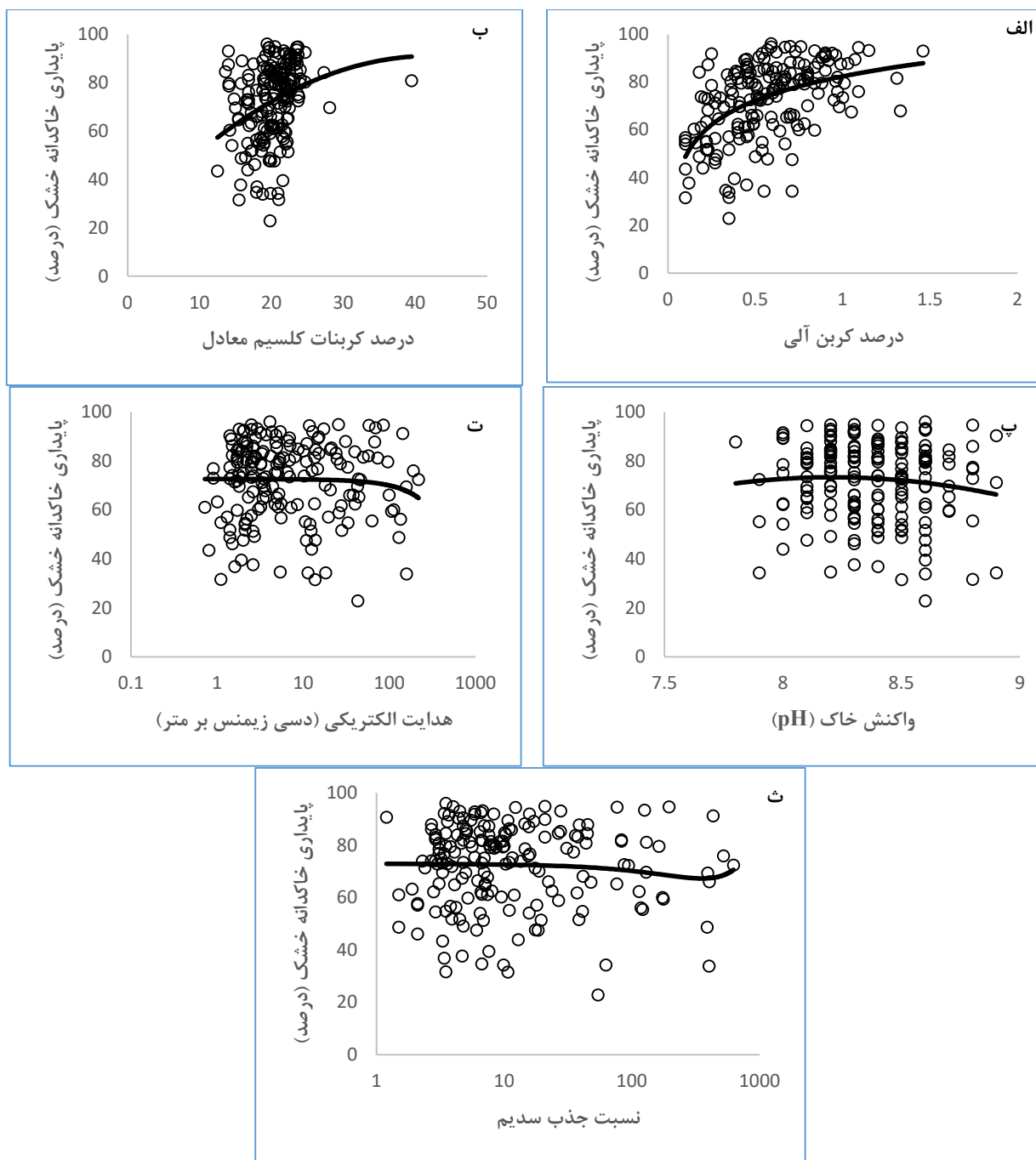
درصد اشباع	نسبت جذب سدیم	هدایت الکتریکی	واکنش خاک	درصد کربنات کلسیم معادل	درصد کربن آلی	درصد رس	درصد سیلت	درصد شن	درصد پایداری خاکدانه خشک	
									۱	درصد پایداری خاکدانه خشک
								۱	-۰/۵۹۳**	درصد شن
							۱	-۰/۹۲۶**	۰/۴۶**	درصد سیلت
						۱	۰/۴۱**	-۰/۷۲۴**	۰/۵۹۳**	درصد رس
					۱	۰/۵۲۷**	۰/۴۴۳**	-۰/۵۵۳**	۰/۴۲۷**	درصد کربن آلی
				۱	۰/۳۱**	۰/۳۵۶**	۰/۴۹۶**	-۰/۵۲۲**	۰/۲۹۲**	درصد کربنات کلسیم معادل
			۱	۰/۱۶۶*	-۰/۰۲۲	۰/۰۰۱	۰/۰۸۳	-۰/۰۶۳	-۰/۰۶۱	واکنش خاک
		۱	۰/۰۴۶	۰/۰۴۳	۰/۰۶۲	۰/۲۳۴**	۰/۰۱۶	-۰/۱۰۹	-۰/۰۶۸	هدایت الکتریکی
	۱	۰/۹۴۲**	۰/۰۷۰	۰/۰۳۳	۰/۰۵۵	۰/۲۳۵**	-۰/۰۲۴	-۰/۰۷۹	-۰/۰۶۵	نسبت جذب سدیم
۱	۰/۰۴۹	۰/۰۸۱	۰/۰۰۶	۰/۳۸۲**	۰/۵۸۱**	۰/۷۳۲**	۰/۶۸۹**	-۰/۸۲۴**	۰/۵۵۲**	درصد اشباع

\*: معنی داری در سطح ۹۵ درصد، \*\*: معنی داری در سطح ۹۹ درصد



شکل ۲. همبستگی میان پایداری خاکدانه خشک با الف: درصد شن، ب: درصد سیلت، پ: درصد رس و ت: درصد اشباع

درصد کربن آلی خاک و کربنات کلسیم معادل خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری (در سطح ۹۹ درصد) را با پایداری خاکدانه خشک خاک نشان دادند (جدول ۲ و شکل ۳). واکنش خاک، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم خاک همبستگی منفی اما غیر معنی‌دار را با پایداری خاکدانه خشک خاک نشان دادند (جدول ۲ و شکل ۳). به نظر می‌رسد در منطقه سیستان خصوصیات شیمیایی که در ارتباط با پوشش گیاهی (کربن آلی با نقش مثبت بر پوشش گیاهی) و خاکدانه سازی خاک (کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک با نقش مثبت بر ایجاد خاکدانه) هستند، نقش مهمی در پایداری خاکدانه خشک خاک دارند. چپیل (۱۹۵۴) به نقش مثبت کربنات کلسیم معادل خاک در خاکدانه‌سازی و بهبود شرایط خاکدانه و ساختمان خاک بخصوص در خاک‌های درشت بافت اشاره داشته است. محققین متعددی به رابطه مثبت بین کربن آلی خاک با پایداری خاکدانه خشک خاک و نقش موثر آن در ایجاد خاکدانه‌های خاک اشاره نموده‌اند (پاورز و اسکیدمور، ۱۹۸۴؛ بوشیازو و همکاران، ۱۹۹۵). همچنین کولازو و بوشیازو (۲۰۱۰) به رابطه مثبت کربن آلی خاک با پایداری خاکدانه خشک خاک در کلیه کاربری‌های مورد مطالعه (زراعی و غیر زراعی) اشاره نمودند.



شکل ۳. همبستگی میان پایداری خاکدانه خشک با الف: درصد کربن آلی، ب: درصد کربنات کلسیم معادل، پ: واکنش خاک، ت: هدایت الکتریکی و ه: نسبت جذب سدیم



### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

فرسایش بادی و در نتیجه آن بروز پدیده گرد و غبار از معضلات اصلی زیست محیطی در مناطق خشک دنیا است و خصوصیات خاک به عنوان فاکتور فرسایش‌پذیر دارای اهمیت ویژه‌ای است. همچنین پایداری خاکدانه خشک یک پارامتر کلیدی در تخمین مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی است. در این پژوهش به مطالعه برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های منطقه خشک سیستان و ارتباط آنها با پایداری خاکدانه خشک خاک پرداخته شد. نتایج نشان داد خاک‌های دشت سیستان خاک‌هایی با بافت درشت تا متوسط، مقدار کربن آلی کم، کربنات کلسیم معادل متوسط و شور و قلیا هستند. همچنین درصد رس، سیلت، اشباع، کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک همبستگی مثبت و معنی‌دار با پایداری خاکدانه خشک خاک نشان داد و در مقابل درصد شن همبستگی منفی و معنی‌دار با پایداری خاکدانه خشک خاک نشان داد. نتایج حاکی از این است که در این منطقه خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک که نقش مثبت و موثر در ارتباط با پوشش گیاهی (رس، کربن آلی با نقش مثبت) و خاکدانه‌سازی خاک (رس، سیلت، درصد اشباع، کربن آلی و کربنات کلسیم معادل خاک با نقش مثبت بر ایجاد خاکدانه و درصد شن با نقش منفی بر آن) دارند، اثرگذار در مقاومت خاک در برابر فرسایش بادی هستند. پیشنهاد می‌شود مطالعه میزان فرسایش بادی نیز با استفاده از دستگاه تونل بادی پرتابل در منطقه و در همان نقاط انجام پذیرد و یافته‌های این مطالعات مقایسه گردند. همچنین پیشنهاد می‌گردد نتایج این مطالعه در خصوص تصمیم‌گیری‌های مدیریتی اراضی و محیط زیست در منطقه سیستان در نظر قرار گیرند.

### تشکر و قدردانی

بخشی از داده‌های خصوصیات پایه خاک از اطلاعات طرح «مطالعه خاکشناسی نیمه تفضیلی دقیق در اراضی آبیاری دشت سیستان به مساحت ۴۶۰۰۰ هکتار» که تحت نظر موسسه خاک و آب کشور و با همکاری دانشگاه زابل در حال انجام است، استخراج شد. از این رو نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از موسسه خاک و آب کشور و دانشگاه زابل کمال تشکر را اعلام دارند.

### منابع:

- احمدی، ح. ۱۳۸۵. ژئومورفولوژی کاربردی، جلد دوم، بیابان- فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- تاجیک، ف.، رحیمی، ح. و پذیرا، الف. ۱۳۸۱. اثر مواد آلی خاک، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم بر مقاومت کششی خاکدانه‌ها، مجله‌ی عاوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۳: ۱-۱۵.
- حسین‌زاده، س. ر. ۱۳۷۶، بادهای ۱۲۰ روزه سیستان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۶: ۱۰۳-۱۲۸.
- شعاعی، ض. ۱۳۹۴. بررسی علل و روند تشدید طوفان‌های گرد و غبار در ایران در دهه اخیر. اولین کنفرانس بین‌المللی گرد و غبار، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز. ۵۶-۶۷
- غلامعلی‌زاده‌آهنگر، الف، سارانی، ف، هاشمی، م. و شعبانی، الف. ۱۳۹۳. مقایسه روش‌های رگرسیون خطی، زمین‌آماري و شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی کربن آلی در اراضی خشک دشت سیستان، نشریه آب و خاک، ۶(۲۸): ۱۲۵۰-۱۲۶۰.
- گندمکار، الف و کیارسی، ف. ۱۳۸۵. ارزیابی انرژی پتانسیل باد در کشور ایران، کنفرانس بین‌المللی انرژی برق، پژوهشگاه نیرو، تهران، ۲۱: ۲۰۹۴-۲۰۸۴
- محمود آبادی، م.، دهقانی، ف.، و عظیم‌زاده، ح. ر. ۱۳۹۰. مطالعه اثر توزیع اندازه ذرات خاک بر شدت فرسایش بادی. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۱(۱): ۸۱ تا ۹۸

مهیدیان، م.ج. ۱۳۸۴. بررسی وضعیت تخریب اراضی در ایران. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، پائیز ۱۳۸۴، تهران.

میر، ح. غلامعلی زاده، الف. و شعبانی، الف. ۱۳۹۴. تعیین مهمترین پارامترهای موثر خاک بر فراهمی فوسفور در دشت سیستان، نشریه آب و خاک، ۶(۲۹): ۱۶۷۴ - ۱۶۸۷.

هاشمی، م.، غلامعلی زاده آهنگر، الف.، بامری، الف.، سارانی ف. و حجازی زاده، الف. ۱۳۹۵. شناسایی و پهنه‌بندی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک با استفاده از روشهای زمین آماری در GIS (مورد مطالعاتی: منطقه میانکنگی؛ سیستان). نشریه آب و خاک، ۳۰(۲): ۴۴۳-۴۵۸.

- Akhzari, D., Farokhzadeh, B., Saeedi, C, I., and Goodarzi, M. 2015. Effects of Wind Erosion and Soil Salinization on Dust Storm Emission in Western Iran. *Journal of Rangeland Science*, 5(1): 36-48.
- Arnold, E. 1992. United nations environment programme. World atlas of desertification.
- Buschiazzo, D.E., Aymar, S.B., and Stahr, K., 1995. Factores que afectan la estabilidad estructural de suelos de la Región Semiárida Pampeana Central (Argentina). *Ci. Suelo (Argentina)* 13: 66-69.
- Calzo, J.C., and Buschiazzo, D. E. 2010. Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma*, 159:228-236.
- Chepil, W.S., 1954. Factors that influence clod structure and erodibility of soil by wind:III. Calcium carbonate and decomposed organic matter. *Soil Sci.* 77: 473-480.
- Coppinger, K.D., Reiners, W.A., Burke, I.C., and Olson, R.K. 1991. Net erosion on a sagebrush steppe landscape as determined by cesium 137 distribution. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 254-258.
- Gomez, L., Arrue, J.L., Lopez, M.V., Sterk, G., Richard, D., Gracia, R., Sabre, M., Gaudichet, A., and Frangi, J. P. 2003. Wind erosion in a semiarid agricultural area of Spain the WELSONS project. *Catena*, 52: 235-256.
- King, J., Nickling, W.G., and Gillies J.A. 2006. Aeolian shear stress ratio measurements within mesquite-dominated landscapes of the Chihuahuan Desert, New Mexico, USA. *Geomorphology*, 82:229-244
- Lal, R. 2003. Soil erosion and global carbon budget. *International Environment*, 29: 437- 450.
- Ling, N., Zhibao, D., Weiqiang, X., Chao, L., Nan, X., Shaopeng, S., Fengjun, X. and Lingtong, D. 2018. A field investigation of wind erosion in the farming-pastoral ecotone of northern China using a portable wind tunnel: a case study in Yanchi County. *Journal of Arid Land*, 10(1): 27-38.
- Middleton, N.J. 1986. Dust storms in the Middle East. *Journal Arid Environmental*, 10: 83-96.
- Mirakzahi, K., Pahlavan-Rad, M., Shahriari, A. and Bameri, A. 2018. Digital soil mapping of deltaic soils: a case of study from Hirmand (Helmand) river delta. *Geoderma*, 313: 233-240.
- Pahlavan-Rad, M. and Akbarimoghaddam, A. 2018. Spatial variability of soil texture fractions and pH in a flood plain (case study from eastern Iran). *Catena*, 160: 275-281.
- Pahlavan-Rad, M. Dahmardeh, K. and Brungard, C. 2018. Predicting soil organic carbon concentrations in a low relief landscape, eastern Iran. *Geoderma Regional*, e00195. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.e00195>
- Pi, H., Huggins, D.R. and Sharratt, B. 2019. Dry aggregate stability of soils influenced by crop rotation, soil amendment, and tillage in the Columbia Plateau. *Aeolian Research*, 40: 65-73.
- Powers, D.H., Skidmore, E.L., 1984. Soil structure as influenced by simulated tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48, 879-884.
- Sarani, F., Ahangar, A.G., and Shabani, A. 2016. Predicting ESP and SAR by artificial neural network and regression models using soil pH and EC data (Miankangi Region, Sistan and Baluchestan Province, Iran). *Archives of Agronomy and Soil Science*, 6 (1) pp 1-12.
- Schaetzl, R. J., and Anderson, S. .2005. *Soils: Genesis and Geomorphology*, Cambridge University Press, pp 833.
- Skidmore, E.L. 2000. Air, soil, and water quality as influenced by wind erosion and strategies for mitigation. *Second International Symposium of New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings*, Tekirdag, Turkey. 216-221
- Subramaniam, N., and Chinappa, G.P. 2002. Remote sensing and GIS techniques for Land degradation assessment due to water erosion, P 815- 819. In: 17th WCSS, Thailand.



# چهارمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آب‌خیزداری با محوریت گرد و غبار

تهران- پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری

۲۸ بهمن ماه ۱۳۹۹



WHO. 2016. Air pollution Levels rising in many of the world's poorest cities. <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2016/airpollutionrising/en/>.

Zhao, H.L., Yi, X.Y., Zhou, R.L., Zhao, X.Y., Zhang, T.H., and Draks, S. 2006. Wind Erosion and Sand Accumulation Effects on Soil Properties in Horqin Sandy Farmland, Inner Mongolia. *Catena*, 65: 71-79.

Zhao, W. Z., H. L. Xiao, Z. M. Liu and J. Li. 2005. Soil degradation and restoration as affected by land use change in the semiarid Bashang area, northern China. *Catena* 59: 173-186.

Zhao, Y., and Pei, Y. 2010. A study on distributed simulation of soil wind erosion and its application to the Tuhaimajia River Basin. *Procedia Environmental Sciences*, 2:1555-1568

Zobeck, T.M., and Van Pelt, S. 2006. Wind-induced dust generation and transport mechanics on a bare agricultural field. *Journal of Hazardous Materials*, 132:26-38.

Shahriari, M., Delbari, M., Afrasiab, P. and Pahlavan-Rad, M. 2019. Predicting regional spatial distribution of soil texture in floodplains using remote sensing data: A case of southeastern Iran. *Catena*, 182: 104149.