

بررسی فرسایش پذیری بادی خاک با استفاده از آنالیز توزیع اندازه ذرات در کانون های گردوغبار کشور (مقاله پژوهشی)

۱- هاشم صیامی کنده*، دانش آموخته کارشناسی ارشد، رشته مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

siami@ut.ac.ir

۲- حمیدرضا عباسی، استادیار، بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۵

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۰۷

چکیده

فرسایش بادی، به طور مستقیم به ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک و رسوب بستگی دارد. توزیع اندازه ذرات، یکی از ویژگی های مهم فیزیک خاک و عوامل مهم مرتبط با فرسایش پذیری خاک است که در مهار فرسایش بادی نقش اساسی دارد. هدف از این پژوهش، تعیین پتانسیل فرسایش پذیری خاک های کانون های گردوغباری کشور براساس توزیع اندازه ذرات با انجام آزمایش دانه بندی و بافت می باشد. بدین منظور ۴۲۳ نمونه خاک و رسوب از عمق صفر تا پنج سانتی متری، از کانون های گردوغبار کشور برداشت و بر روی آنها آزمایش دانه بندی و بافت انجام شد. آزمایش دانه بندی براساس روش الک خشک انجام و پس از آماده سازی نمونه ها، از هر نمونه ۱۰۰ گرم خاک توزین و در مجموعه ای از الک ها ریخته شد. به منظور انجام آزمایش دانه بندی از سری استاندارد الک براساس روش ASTM استفاده گردید. تعیین پارامترهای آماری دانه بندی به روش فولک و وارد (۱۹۵۷) توسط نرم افزار GRADISTAT انجام شد. آزمایش بافت نیز به روش هیدرومتری انجام شد. نتایج تحقیق نشان داد میزان فرسایش پذیری خاک های برداشت شده از کانون های گردوغبار کشور براساس نظریه Chepil (۱۹۴۵) زیاد و خیلی زیاد بوده و قطر غالب ذرات خاک بین ۰/۵ تا ۰/۵ میلی متر است که نسبت به فرسایش بادی حساس می باشند. در نتیجه تمامی نمونه های جمع آوری شده از کانون های گردوغبار کشور، خیلی حساس، به فرسایش بادی هستند. با توجه به نتایج آزمایش هیدرومتری، ماسه، سیلت و رس به طور میانگین ۴۴/۴، ۳۲/۴ و ۲۳/۲ درصد ذرات خاک کانون های گردوغبار کشور را تشکیل می دهند. با توجه به نتایج به دست آمده از آزمایش دانه بندی، حدود ۱۵/۶ درصد نمونه ها دارای فرسایش پذیری خیلی زیاد و حدود ۸۴/۴ درصد از نمونه ها دارای فرسایش پذیری زیاد می باشند. همچنین نتایج نشان داد که نمونه های جمع آوری شده از کانون های گردوغبار جنوب کشور مانند استان سیستان و بلوچستان، هرمزگان، بوشهر و کرمان دارای بیشترین فرسایش پذیری نسبت به سایر نمونه ها می باشند.

واژگان کلیدی: دانه بندی، بافت خاک، فرسایش بادی، خاکدانه.

مقدمه

تأثیر بر فرسایش پذیری آن، بر میزان یا شدت فرسایش بادی تأثیرگذارند [۲۶]. در این مورد می توان به میزان کربن آلی، رطوبت خاک، زبری سطح و به ویژه توزیع اندازه ذرات اولیه (بافت) و ثانویه (خاکدانه) اشاره کرد [۲۷]. بافت خاک (توزیع اندازه ذرات اولیه) فراوانی نسبی ذرات اولیه (ماسه، سیلت و رس) را نشان می دهد. از هم آوری و کنارهم قرارگیری ذرات اولیه، خاکدانه ها (ذرات ثانویه) تشکیل می شوند که در اندازه های مختلفی، توزیع یافته اند. در این

فرسایش بادی یکی از پدیده های رایج و مخرب و به عنوان مشکل جدی برای زندگانی بشر به ویژه در مناطق خشک و بیابانی است [۱۷]. برداشت ذرات حاصلخیز خاک [۲۴]، ایجاد طوفان های گردوغبار [۳۰] و در نهایت حرکت ماسه های روان [۱۳]، از پیامدهای فاجعه آمیز فرسایش بادی است. شدت وزش باد، جهت باد غالب، ویژگی های خاک، زبری سطح، پوشش گیاهی و شرایط آب و هوایی از عوامل مؤثر بر فرسایش بادی است [۲۹]. در واقع، خصوصیات خاک با

زمینه، خاکدانه به عنوان واحد ساختمان، یکی از اجزای اساسی خاک بوده که پایداری و اندازه آن عامل مهمی در تعیین وضعیت فرسایش پذیری خاک و ارزیابی وضعیت فیزیکی محسوب می شود [۴]. نتایج بررسی رابطه بین ساختار خاکدانه خاک با فرسایش بادی نشان داد که میتوان فراوانی ذرات ثانویه (خاکدانه) با قطر کمتر از $0/84$ میلی متر را به عنوان شاخص فرسایش پذیری بادی معرفی نمود و این شاخص، به طور گسترده در مطالعات تعیین میزان فرسایش پذیری بادی خاک مورد استفاده واقع شده است [۶].

یافته های مطالعات دیگر نشان داد خاک هایی که قطر ذرات آنها بین $0/1$ تا $0/15$ میلی متر است بسیار حساس به فرسایش بادی و خاک هایی که قطر ذرات آنها بین $1 - 0/5$ میلی متر و $0/15$ تا $0/5$ میلی متر نیز نسبت به فرسایش بادی حساس و خاک هایی که قطر ذرات آنها کمتر از $0/1$ میلی متر و بالای یک میلی متر نسبت به فرسایش بادی استعداد کمی را نشان می دهند [اقتباس از ۲]. بر پایه پژوهش های فراوان انجام شده، می توان ذرات خاک با قطر کمتر از 840 میکرون را جزء ذرات حساس به فرسایش بادی و ذرات با قطر بیشتر از $0/84$ میلی متر را جزء ذرات فرسایش ناپذیر خاک تقسیم بندی نمود. همچنین ذرات در دامنه $0/25 - 0/05$ میلی متر را به عنوان حساس ترین ذرات نسبت به فرسایش بادی گزارش نمود [۲۵]. نتایج تحقیق چاندلر و همکاران نشان داد که فراوانی ذرات در محدوده های $0/42/84 - 0/0$ میلی متر و $0/84 - 0/1$ میلی متر دارای ارتباط آماری معنی دار با میزان بادبردگی (فرسایش) اندازه گیری شده در تونل باد است و خاکدانه هایی با قطر $2 - 0/3$ میلی متر را به عنوان حساس ترین ذرات به فرسایش بادی معرفی نموده اند [۵].

ذرات سیلت حساس ترین ذرات نسبت به فرسایش بادی می باشند [۲۲]. طبق مطالعات صورت گرفته در سراسر جهان ذرات سیلت بیشترین فراوانی ذرات تشکیل دهنده گردوغبار جهانی و مستعدترین ذرات برای تبدیل به گردوغبار هستند [۱۶]. نتایج تحقیق کولازو و بوسچیزو نشان داد که خاک هایی با بافت شنی از خاک های ریز بافت، فرسایش پذیرتر هستند و دلیل آن کم بودن مقدار رس و سیلت در این خاک ها می باشد که از توانایی تشکیل خاکدانه یا سله فیزیکی برخوردار نمی باشند [۹]. نتایج بررسی اندازه

ذرات گردوغبار در عراق نشان داد که ذرات سیلت به طور متوسط 74 درصد از نمونه های ریزگرد عراق را تشکیل می دهند. به طوری که در نمونه های ریزگرد جهانی اندازه ذرات سیلت، 61 درصد اندازه ذرات بیان شده است [۳]. همچنین نتایج بررسی اندازه ذرات گردوغبار در آمریکا نشان داد که اندازه ذرات گردوغبار بسته به نوع بافت خاک فرسایش یافته، فاصله و ارتفاع حمل ذرات، سال وقوع طوفان و سرعت باد متغیر است، و ذرات ماسه ریز و خیلی ریز ($250 - 50$ میکرون)، سیلت و رس، حساس ترین و مستعدترین ذرات برای تشکیل گردوغبار هستند [۸].

شاخص های دانه بندی از جمله قطر میانگین، قطر میانه، قطر دهک ها، جورشدگی، کج شدگی یا چولگی، همچنین درصد شن، سیلت و رس، درصد ذرات بزرگ تر از $0/84$ میلی متر در بیش تر مدل های قدیم و جدید برآورد فرسایش خاک اعم از آبی و بادی استفاده می شود [۱۰]. انجام تحقیقات دانه بندی، برای تعیین توزیع اندازه ذرات ثانویه منجر به تعیین چگونگی تأثیر عوامل فرسایش زا بر نوع ذرات و همچنین موجب به دست آوردن دیدی بازتر در تحقیقات مبارزه با فرسایش خاک می شود [۱۸].

همچنین بافت خاک نیز یک پارامتر مؤثر و بسیار مهم بر فرسایش پذیری بادی خاک می باشد [۲۰]. مطالعات ذکر شده و نتایج آنها به روشنی نشان دهنده اهمیت اندازه ذرات و چگونگی توزیع آنها در فرآیند فرسایش بادی است. بر این اساس، مطالعه توزیع اندازه ذرات خاک های کانون های گردوغبار کشور به منظور پی بردن به حساسیت آنها در برابر فرآیندهای مختلف فرسایش بادی امری ضروریست. بنابراین، این مطالعه با هدف تعیین پتانسیل فرسایش پذیری خاک های کانون های گردوغبار کشور براساس توزیع اندازه ذرات خاک با انجام آزمایش دانه بندی و بافت خاک و رسوب انجام شد. درواقع مناسب دیده شد که لایه فرسایش پذیری خاک ها مبتنی بر اندازه ذرات نیز تهیه شود.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

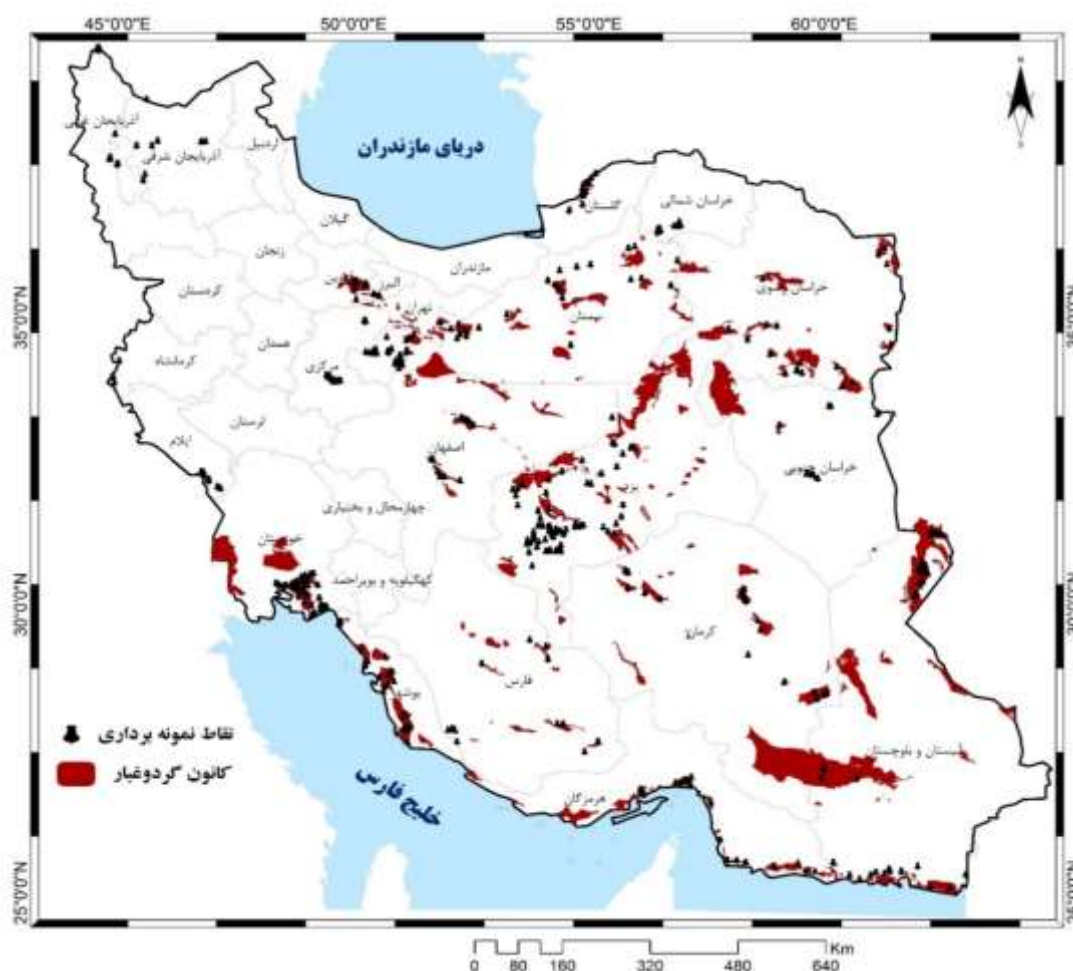
این تحقیق در کانون های گردوغبار شناسایی شده در طرح «شناسایی و پایش منابع گردوغبار و ماسه های روان کشور» انجام شد [۱]. در این طرح مساحت اراضی مستعد تولید

تیپ‌های اراضی، کانون‌های گردوغبار کشور را تشکیل می‌دهند. مراتع تخریب یافته بیشترین سطح (۴۱٪) و جنگل و بیشه‌زار تخریب یافته (۶٪) کمترین سطح کاربری را در کانون‌های گردوغبار دارند. تالاب‌ها و دریاچه‌های کویری که وابسته به مدیریت آب در بالادست می‌باشند ۱۴ درصد سطح کانون‌های گردوغبار را می‌پوشانند. دیمزارهای تخریب یافته و کشت‌های آبی مجموعاً ۱۲ درصد سطح کانون‌ها، و کویرها و اراضی بایر نیز به ترتیب ۱۳ و ۱۴ درصد سطح کانون‌ها را در برمی‌گیرند که بیشتر منشأهای قدیمی فرسایش بادی (زمین شناسی) می‌باشند.

گردوغبار در کشور ۸۶۴۴۹۴۰ هکتار و نیز با احتساب مساحت تپه‌های ماسه‌بادی کشور به وسعت ۴۷۵۶۰۰۰ هکتار، در مجموع اراضی مستعد تولید گردوغبار در کشور ۱۳۴۰۰۹۴۰ هکتار، در سال ۱۴۰۲ تعیین شد.

با توجه به نتایج بدست آمده از روش‌های میدانی و سنجش از دور در پروژه تحقیقاتی "پایش منابع گردوغبار و ماسه های روان کشور" در موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ۲۲ استان کشور به عنوان مناطق مستعد تولید گردوغبار شناسایی شدند (شکل ۱).

دشت‌های دامنه‌ای، دشت‌های رسوبی، دشت‌های سیلابی، اراضی پست و شور، واریزه‌ها و آبرفت‌های بادبزی شکل به ترتیب ۱۳، ۱۱، ۴۹، ۱۷، ۸ و ۲ درصد از مساحت



شکل ۱- موقعیت نمونه‌های برداشت شده خاک سطحی از کانون‌های گردوغبار کشور [۱]

پژوهش‌های مربوط به فرسایش بادی که در محیط بدون رطوبت و خشک انجام می‌شود، می‌توان از پارامترهای گرانولومتری در شرایط الک خشک استفاده نمود [۱۰]. در

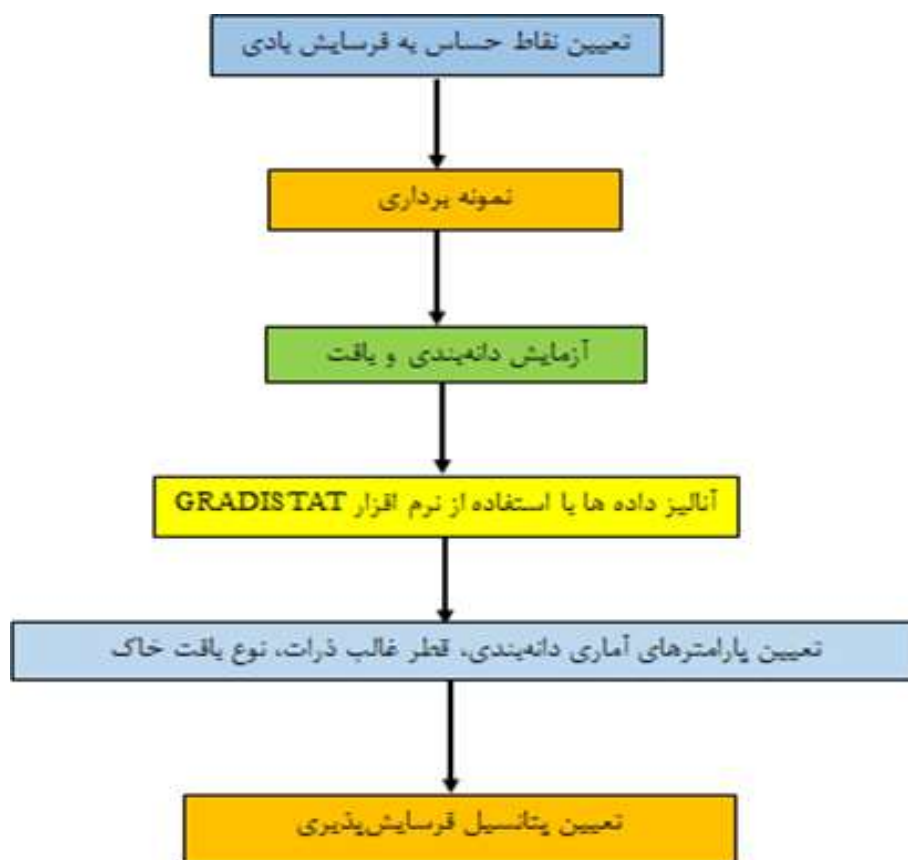
روش پژوهش

در تحقیقات مرتبط با فرسایش آبی از پارامترهای دانه‌بندی در شرایط مرطوب یا الک‌تر استفاده می‌شود و در

به منظور انجام آزمایش گرانولومتری از سری استاندارد الک براساس روش ASTM استفاده گردید (جدول ۱). هفت الک با قطرهای ۴۰۰۰، ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰، ۱۲۵ و ۶۳ میکرون و ظرف جمع‌آوری ذرات کوچک‌تر از ۶۳ میکرون انتخاب شد. به منظور تعیین دقیق شاخص‌های آماری دانه‌بندی، ترتیب الک‌ها به گونه‌ای انتخاب شد که قطر مش‌های هر الک تقریباً برابر با نصف قطر الک فوقانی در مقیاس متریک و یا یک فی در مقیاس کرومباین باشد. با لرزش این مجموعه الک با استفاده از دستگاه الک لرزان به مدت حدود ۱۰ دقیقه، وزن ذرات باقی‌مانده بر روی هر الک به دقت توزین شد. سپس درصد وزنی و تجمعی هر کدام از نمونه‌ها محاسبه و نمودارهای تجمعی آنها ترسیم و تعیین پارامترهای آماری دانه‌بندی مانند قطر میانگین، قطر میانه، جورشدگی، کج‌شدگی، D_{10} و D_{90} به روش فولک و وارد [۱۱] توسط نرم‌افزار GRADISTAT انجام شد (شکل ۲).

این تحقیق، به روش تصادفی نظام‌مند (سیستماتیک)، ۴۲۳ نمونه خاک و رسوب از عمق ۵-۰ سانتی‌متری (محدوده تحت تأثیر بادبردگی)، توسط مجریان استانی طرح «شناسایی و پایش منابع گردوغبار و ماسه‌های روان کشور» از ۲۲ استان کشور برداشت و جهت انجام آزمایش دانه‌بندی و بافت خاک و رسوب، نمونه‌ها به آزمایشگاه خاکشناسی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انتقال داده شد. آزمایش دانه‌بندی نمونه‌ها براساس روش الک خشک (آنالیز الک) انجام شد.

برای آماده‌سازی نمونه‌های خاک، ابتدا نمونه‌های برداشت‌شده از کانون‌های گردوغبار کشور در سینی ریخته و در هوای آزاد خشک شدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها، بقایای گیاهی و ذره‌های اضافی موجود در نمونه‌ها جدا و سپس کلوخه‌های درشت و چسبنده خاک، خرد و از هر نمونه ۱۰۰ گرم وزن گردید و در مجموعه‌ای از الک‌ها ریخته شد [۱۵].



شکل ۲- فلوچارت روش تحقیق

ونت ورث و اودن، برابر بودن این مقیاس طبقه‌بندی ذرات با مقیاس اتخاذ شده در نرم‌افزار GRADISTAT می‌باشد.

در این تحقیق، برای طبقه‌بندی ذرات از مقیاس ونت ورث (۱۹۲۲) و اودن (۱۹۱۴) استفاده شد. دلیل انتخاب مقیاس

برای انجام آزمایش بافت خاک، ابتدا نمونه‌ها در هوا خشک شده و از الک دو میلی‌متری عبور داده و سپس درصد ماسه، رس و سیلت به روش هیدرومتری و بافت خاک با استفاده از مثلث بافت خاک آمریکایی تعیین شد. آزمایش دانه‌بندی و بافت در آزمایشگاه خاکشناسی بخش بیابان موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام شد. لازم به ذکر است که در طرح شناسایی و پایش منابع گردوغبار، آزمایش تونل باد بر روی تمامی نمونه‌های خاک و رسوب برداشت‌شده از کانون‌های گردوغبار کشور (۴۲۳ نمونه) توسط مجری و همکاران طرح انجام و سرعت آستانه فرسایش و میزان بادبردگی (فرسایش) هر یک از نمونه‌ها تعیین شد [۱].

در این تحقیق جهت محاسبه پتانسیل فرسایش پذیری خاک و رسوب برداشت‌شده از کانون‌های گردوغبار کشور، از نتایج آزمایش تونل باد طرح شناسایی و پایش منابع گردوغبار [۱] شامل سرعت آستانه فرسایش و میزان بادبردگی (فرسایش) برحسب کیلوگرم بر مترمربع در دقیقه و همچنین نظریه چپیل ۱۹۴۱ [اقتباس از ۲] استفاده شد (جدول ۲). طبق نظریه چپیل خاک‌هایی که قطر ذرات آن‌ها بین ۰/۱ تا ۰/۱۵ میلی‌متر (۱۵۰-۱۰۰ میکرون) است بسیار حساس به فرسایش می‌باشند. همچنین خاک‌هایی که قطر ذرات آنها بین ۱ - ۰/۵ میلی‌متر (۱۰۰۰ - ۵۰۰ میکرون)

و ۰/۱۵ تا ۰/۵ میلی‌متر (۵۰۰ - ۱۵۰ میکرون) است نیز نسبت به فرسایش حساس می‌باشند و خاک‌هایی که قطر ذرات آنها کمتر از ۰/۰۱ میلی‌متر (کمتر از ۱۰ میکرون) و بالای یک میلی‌متر (بیش از ۱۰۰ میکرون) است نسبت به فرسایش بادی استعداد کمی را نشان می‌دهند. بنابراین پتانسیل فرسایش پذیری هر یک از نمونه‌ها از طریق درصد فراوانی ذرات کمتر از ۵۰۰ میکرون (نظریه چپیل) محاسبه و تعیین شد (جدول ۳).

لازم به ذکر است جهت تعیین دامنه تغییرات هر یک از طبقه‌های فرسایش پذیری از نتایج آزمایش تونل باد طرح پایش [۱] شامل سرعت آستانه فرسایش و میزان بادبردگی (فرسایش) استفاده شد. پس از تعیین میزان فرسایش پذیری هر یک از نمونه‌ها، نقشه پتانسیل فرسایش پذیری کانون‌های گردوغبار کشور از طریق نرم‌افزار GIS براساس واحد اراضی تهیه شد.

درواقع از آنجاکه در هر یک از واحدهای اراضی تعیین‌شده در کانون‌های گردوغبار کشور یک تا سه نمونه جهت آزمایش دانه‌بندی، بافت و آزمایش تونل باد برداشت شد، امکان تهیه نقشه پتانسیل فرسایش پذیری کانون‌های گردوغبار کشور به روش واحد اراضی مهیا شد. سپس بدین طریق مساحت کانون‌های گردوغبار با پتانسیل فرسایش پذیری مختلف تعیین شد.

جدول ۱- اطلاعات الک‌های مورد استفاده در تحقیق به روش استاندارد ASTM [۲]

نوع ذرات	طبقات ذرات (میکرون)	قطر روزه (میکرون)	مش	شماره الک
شن متوسط	$4000 <$	۴۰۰۰	۴	۱
شن ریز	۲۰۰۰ - ۴۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰	۲
ماسه خیلی درشت	۱۰۰۰ - ۲۰۰۰	۱۰۰۰	۱۸	۳
ماسه درشت	۵۰۰ - ۱۰۰۰	۵۰۰	۳۵	۴
ماسه متوسط	۲۵۰ - ۵۰۰	۲۵۰	۶۰	۵
ماسه ریز	۱۲۵ - ۲۵۰	۱۲۵	۱۲۰	۶
ماسه خیلی ریز	۶۳ - ۱۲۵	۶۳	۲۱۰	۷
سیلت و رس	< 63	-	-	۸

جدول ۲- ارتباط بین قطر ذرات خاک و سرعت بحرانی آغاز حرکت و همچنین فرسایش پذیری آن [۲]

طبقه‌بندی مقاومت	سرعت باد در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری (ms^{-1})	قطر غالب ذرات (mm)	فرسایش پذیری خاک
۱	۳ - ۴	۰/۱ - ۰/۱۵	خیلی زیاد
۲	۴ - ۴/۵	۰/۱۵ - ۰/۵ و ۰/۱ - ۰/۰۵	زیاد
۳	۵/۵ - ۷	۰/۵ - ۱ و ۰/۰۵ - ۰/۰۱	متوسط
۴	۷ - ۱۰	۱ - ۲ و ۰/۰۱ - ۰/۰۰۵	کم
۵	> ۱۰	< ۲ و > ۰/۰۰۵	خیلی کم

جدول ۳- روش تعیین پتانسیل فرسایش پذیری نمونه‌های خاک و رسوب کانون‌های گردوغبار کشور

طبقه‌بندی مقاومت	فراوانی ذرات کمتر از ۵۰۰ میکرون (درصد)	سرعت آستانه فرسایش (ms^{-1})	میزان بادبردگی ($tonha^{-1}h^{-1}$)	پتانسیل فرسایش پذیری
۱	> ۷۰	> ۶	۵ - ۱۵	خیلی زیاد
۲	۴۰ - ۷۰	۶ - ۱۰	۱/۵ - ۵	زیاد
۳	۲۰ - ۳۹	۱۱ - ۱۳	۰/۵ - ۱/۵	متوسط
۴	> ۲۰	> ۱۳	> ۰/۵	کم

نتایج

به دلیل زیاد بودن تعداد نمونه‌های خاک سطحی برداشت شده از کانون‌های گردوغبار کشور، تنها از هر استان یک نمونه به صورت تصادفی انتخاب و نتایج حاصل از شاخص‌های دانه‌بندی از جمله قطر میانه، قطر میانگین، جورشدگی، کج‌شدگی، D₁₀ و D₉₀ برای ۲۲ نمونه خاک جورشدگی، کج‌شدگی، D₁₀ و D₉₀ برای ۲۲ نمونه خاک

سطحی در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین با محاسبه درصد فراوانی تجمعی هر کدام از نمونه‌ها، نمودارهای تجمعی آن، تنها برای ۲۲ نمونه خاک سطحی رسم شد (شکل ۳).

جدول ۴- نتایج حاصل از محاسبه پارامترهای آماری گرانولومتری نمونه‌ها به روش جامع ترسیمی فولک و وارد (۱۹۵۷)

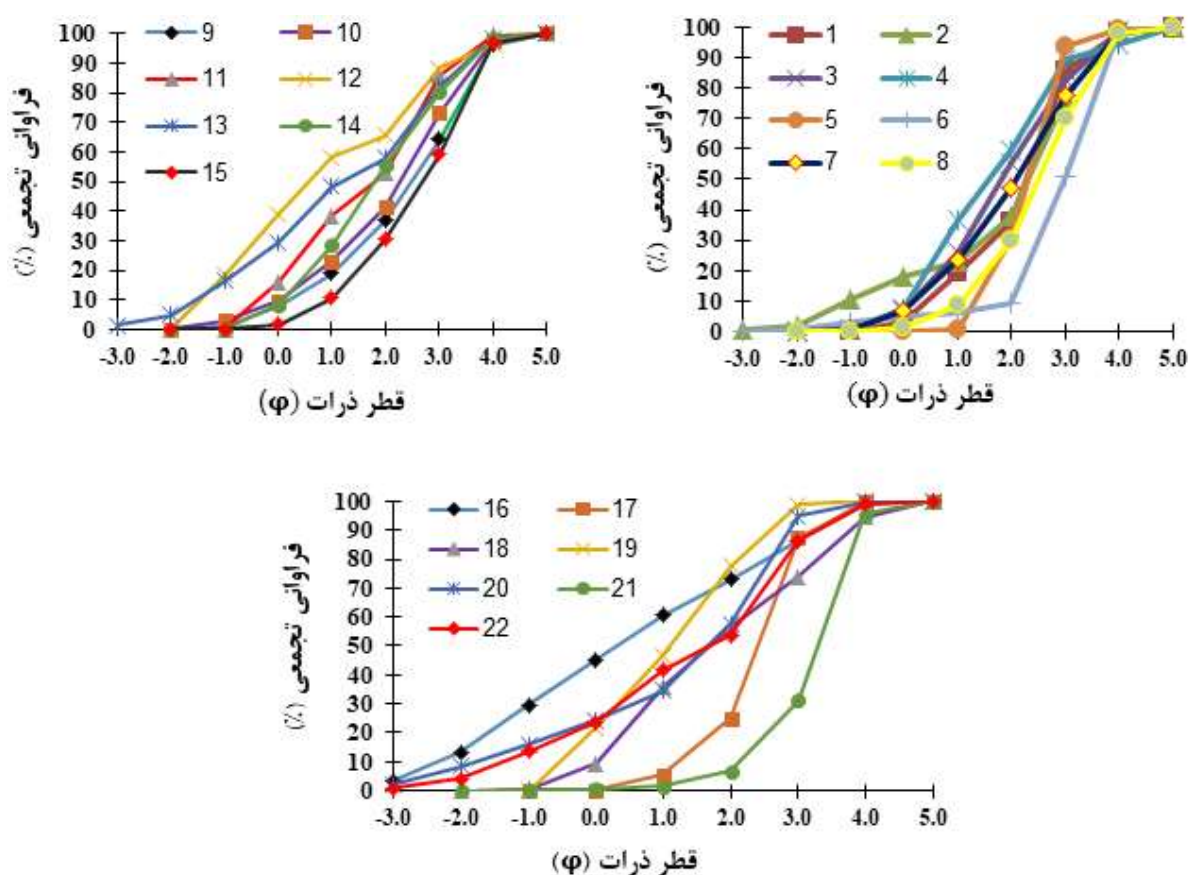
شماره نمونه	استان	موقعیت جغرافیایی Geographical Location (UTM)			قطر میانه (D50) (φ)	قطر میانگین (φ)	جورشدگی (φ)	کج‌شدگی (φ)	D ₁₀ (φ)	D ₉₀ (φ)
		عرض	طول	زون						
۱	آذربایجان شرقی	۴۲۳۶۳۶۵	۶۶۷۶۴۰	۳۸ S	۲/۲۸۱	۲/۰۱۵	۱/۰۹۵	-۰/۲۸	۰/۴۲۲	۳/۳۵۶
۲	آذربایجان غربی	۴۳۹۷۸۱۰	۴۶۸۵۲۵	۳۸ S	۲/۳۱۳	۱/۷۷۷	۱/۷۲۱	-۰/۴۵	۱/۰۶۱	۳/۵۷۳
۳	اصفهان	۳۶۰۵۶۳۸	۶۰۳۸۳۳	۳۹ S	۱/۸۱۲	۱/۷۹	۱/۲۷	-۰/۰۳۲	۰/۱۵۸	۳/۴۵۸
۴	البرز	۳۹۷۲۳۱۴	۴۴۸۸۴۵	۳۹ S	۱/۵۷۶	۱/۵۶۴	۱/۲۹۹	۰/۰۵۸	۰/۰۹۲	۳/۱۳۱
۵	ایلام	۳۵۷۰۰۳۱	۷۶۰۸۵۴	۳۸ S	۲/۳۰۹	۲/۲۲۴	۰/۶۴۱	-۰/۱۶	۱/۳۲	۲/۹۳۹
۶	بوشهر	۳۱۹۵۸۱۵	۵۰۶۷۷۹	۳۹ R	۲/۹۷۹	۲/۹۴۳	۰/۹۴۸	-۰/۲۸۵	۲/۰۱۹	۳/۸۱۲
۷	تهران	۳۸۹۱۹۵۱	۵۷۸۲۲۳	۳۹ S	۲/۰۸۷	۱/۹۷۸	۱/۳۱۲	-۰/۱۳۴	۰/۱۹۵	۳/۵۹۳
۸	خراسان جنوبی	۳۵۹۳۰۱۷	۷۲۰۹۵۲	۴۰ S	۲/۴۹۷	۲/۴۴۱	۱/۰۵	-۰/۱۳۳	۱/۰۵۵	۳/۶۹۹
۹	خراسان رضوی	۳۸۶۶۱۷۷	۶۰۰۴۱۷	۴۰ S	۲/۴۸۳	۲/۲۷۶	۱/۳۸۴	-۰/۲۷	۰/۱۸	۳/۸۰۱
۱۰	خراسان شمالی	۴۰۸۵۲۸۰	۴۴۶۰۳۰	۴۰ S	۲/۲۷۵	۲/۰۶۵	۱/۴۳۲	-۰/۲۵۴	۰/۰۳۲	۳/۶۸۳
۱۱	خوزستان	۳۳۳۰۸۱۵	۳۷۰۰۹۰	۳۹ R	۱/۸۰۴	۱/۵۸۴	۱/۳۹۵	-۰/۱۸۳	-۰/۳۷۱	۳/۳۰۵
۱۲	سمنان	۳۹۷۴۵۳۴	۴۶۳۶۹۳	۴۰ S	۰/۵۷۶	۰/۷۵۶	۱/۸۲۸	۰/۱۵۴	-۱/۴۵۴	۳/۲۲۹

۱۳	سیستان و بلوچستان	۴۰ R	۷۰۹۷۷۹	۳۰۱۱۳۴۷	۱/۱۶۸	۱/۰۷۹	۱/۹۱۴	-۰/۰۷۹	-۱/۵۶	۳/۴۷۹
۱۴	فارس	۴۰ R	۲۳۱۹۹۹	۳۱۳۱۷۲۶	۱/۸۰۶	۱/۷۹۷	۱/۳۴۳	-۰/۰۳۱	۰/۰۸۵	۳/۵۲۹
۱۵	قزوین	۳۹ S	۴۲۸۹۳۴	۳۹۸۲۰۳۴	۲/۶۸۳	۲/۵۷۳	۱/۱۳۴	-۰/۲۳۹	۰/۹۴۴	۳/۸۱۱
۱۶	قم	۳۹ S	۴۶۰۲۰۳	۳۸۴۱۸۷۰	۰/۳۱۷	۰/۴۳۳	۲/۴۰۸	-۰/۰۵۱	-۳/۰۱۷	۳/۲۹۰
۱۷	کرمان	۴۰ R	۶۰۳۴۸۳	۳۳۲۱۰۰۴	۲/۴	۲/۲۹۵	۰/۷۵۹	-۰/۱۶۲	۱/۲۳۵	۳/۲۰۴
۱۸	کرمانشاه	۳۸ S	۵۴۶۷۷۰	۳۷۷۰۵۲۰	۱/۶۸۵	۱/۸۰۵	۱/۵۰۲	۰/۰۷۸	۰/۰۲	۳/۷۷
۱۹	گلستان	۴۰ S	۳۰۷۶۱۰	۴۱۳۵۴۸۵	۱/۱۰۸	۱/۰۴۸	۱/۱۸۶	-۰/۰۵۷	-۰/۵۴	۲/۵۸۶
۲۰	مرکزی	۳۹ S	۳۹۴۷۹۶	۳۷۸۵۲۸۵	۱/۶۷۱	۱/۱۳۶	۱/۹۳۴	-۰/۵۱۳	-۱/۷۹۴	۲/۸۷۱
۲۱	هرمزگان	۴۰ R	۵۲۲۶۱۶	۲۸۹۹۵۲۹	۳/۲۸۹	۳/۱۶	۰/۷۰۸	-۰/۳۳۵	۲/۱۳۵	۳/۹۴
۲۲	یزد	۳۹ R	۷۶۸۰۸۹	۳۴۳۹۶۱۳	۱/۶۸۳	۱/۲۸۱	۱/۷۶۷	-۰/۳۰۷	-۱/۳۷۹	۳/۲۷۸

نتایج حاصل از محاسبه پارامترهای آماری دانه‌بندی از جمله حداقل و حداکثر قطر میانه، حداقل و حداکثر قطر میانگین، حداقل و حداکثر جورشدگی، حداقل و حداکثر کج‌شدگی همچنین قطر غالب ذرات خاک و میزان فرسایش‌پذیری نمونه‌ها به تفکیک استان‌های دارای کانون‌های گردوغبار برای تمامی نمونه‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. با توجه به جدول ۵ حداکثر و حداقل قطر میانگین در بین تمامی نمونه‌ها به ترتیب ۲/۰۸۵ و ۰/۰۵۳ میلی‌متر و همچنین حداکثر و حداقل قطر میانه در بین تمامی نمونه‌ها به ترتیب ۱/۲۳۷ - ۰/۰۷۱ میلی‌متر می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌های دانه‌بندی، ۷۶/۶، ۱۶/۶، ۴/۸ و ۱/۹ درصد نمونه‌ها به ترتیب دارای جورشدگی ضعیف، خیلی ضعیف، متوسط و نسبتاً خوب می‌باشند. همچنین حداکثر و حداقل پارامتر جورشدگی به ترتیب ۲/۶۸۸ و ۰/۶۲۸ فی محاسبه شد. بنابراین، بیش از ۹۲ درصد از نمونه‌ها دارای جورشدگی ضعیف و خیلی ضعیف هستند که در واقع می‌توان نتیجه گرفت قطر ذرات نمونه‌های خاک جمع‌آوری‌شده از کانون‌های گردوغبار کشور نزدیک به هم نبوده و از یکنواختی مناسبی برخوردار نیستند. همچنین با توجه به جدول ۵، به ترتیب ۶۸/۲، ۲۲/۹ و ۸/۹ درصد از نمونه‌ها دارای چولگی منفی (انحراف از میانگین به سمت ذرات درشت)، متقارن (وجود ذرات ریز و درشت) و مثبت (انحراف از میانگین به سمت ذرات ریز) می‌باشند. حداکثر پارامتر کج‌شدگی به سمت ذرات ریز و خیلی ریزدانه و حداکثر پارامتر کج‌شدگی به سمت ذرات درشت و خیلی درشت‌دانه به ترتیب ۰/۴۲۳ و ۰/۶۹۲ فی محاسبه شد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از شاخص کج‌شدگی، بیشتر نمونه‌های خاک برداشت‌شده از کانون‌های گردوغبار کشور، دارای چولگی به سمت ذرات درشت و خیلی درشت می‌باشند. همچنین نتایج تحقیق نشان‌داد میزان فرسایش‌پذیری خاک‌های برداشت‌شده از کانون‌های گردوغبار کشور براساس نظریه چپیل (۱۹۴۱) زیاد و خیلی زیاد بوده و قطر غالب ذرات خاک بین ۰/۵ تا ۰/۰۵ میلی‌متر که نسبت به فرسایش بادی حساس می‌باشند. در نتیجه تمامی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از کانون‌های گردوغبار کشور، خیلی حساس به فرسایش بادی هستند. با توجه به نتایج به‌دست آمده حدود ۱۵/۶ درصد نمونه‌ها دارای فرسایش‌پذیری خیلی زیاد و حدود ۸۴/۴ درصد از نمونه‌ها دارای فرسایش‌پذیری زیاد می‌باشند.

نمودار توزیع فراوانی نسبی ذرات خاک سطحی برداشت‌شده از کانون‌های گردوغبار کشور به تفکیک استان در شکل ۴ نشان‌داده شده است. با توجه به شکل ۴، کلاس اندازه‌ای ماسه خیلی ریز (۱۲۵-۶۳ میکرون)، ماسه ریز (۲۵۰-۱۲۵ میکرون) بیشترین فراوانی کلاس اندازه‌ای در بیشتر نمونه‌ها را شامل می‌شود. همچنین کلاس اندازه‌ای شن متوسط و شن‌ریز دارای کمترین فراوانی کلاس اندازه‌ای در بیشتر نمونه‌ها می‌باشند. با توجه به نتایج تحقیق کلاس اندازه‌ای ذرات ماسه خیلی‌ریز، ماسه ریز، ماسه درشت، ماسه متوسط، رس و سیلت، ماسه خیلی درشت، شن متوسط و شن‌ریز با فراوانی نسبی ۲۵/۱، ۲۵/۰۷، ۱۴/۰۳، ۱۲/۱، ۹/۷، ۷/۶، ۳/۲۶ و ۳/۱۴ درصد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین توزیع فراوانی نسبی ذرات در بین تمامی نمونه‌های برداشت‌شده از کانون‌های گردوغبار کشور می‌باشند.

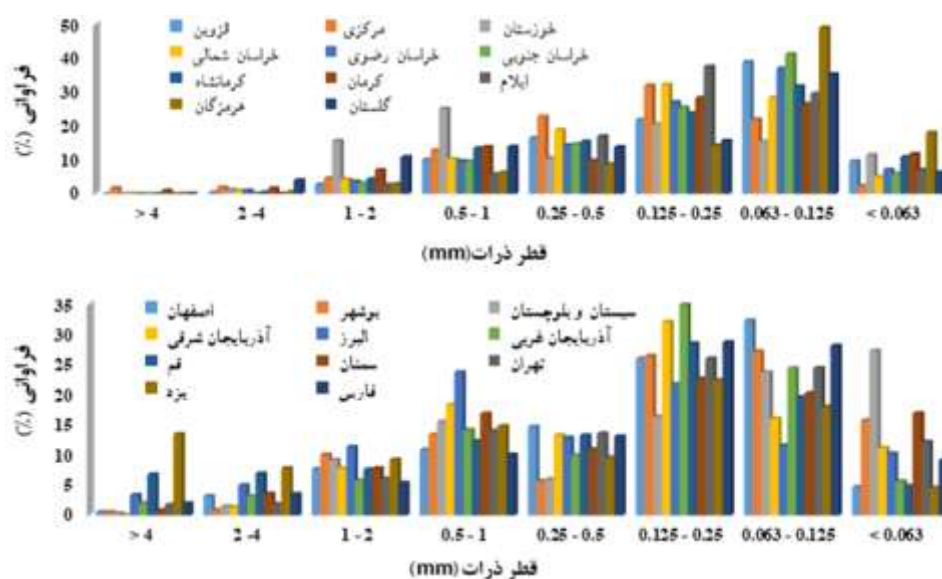


شکل ۳- نمودارهای تجمعی توزیع اندازه ذرات برحسب درصد فراوانی و ضریب فی

جدول ۵- نتایج حاصل از محاسبه پارامترهای آماری گرانولومتری نمونه‌ها، تعیین قطر غالب ذرات و پتانسیل فرسایش پذیری نمونه‌ها

ردیف	استان	تعداد نمونه	قطر میانه (D_{50}) (mm)	قطر میانگین (mm)	جورشدگی (ϕ)	کج‌شدگی (ϕ)	قطر غالب ذرات (mm)	فرسایش پذیری خاک
۱	آذربایجان شرقی	۹	-۰/۵۲۳ -۰/۱۳۶	-۰/۵۷۱ ۰/۱۳۰	-۲/۰۲۲ ۰/۸۳۵	-۰/۳۵۹ -۰/۲۸	۰/۰۶۳ - ۰/۵	زیاد - خیلی زیاد
۲	آذربایجان غربی	۱۵	-۰/۶۵۳ ۰/۱۰۷	-۰/۶۳۹ ۰/۱۲۲	-۲/۲۸۶ ۰/۷۴۳	-۰/۲۳۵ -۰/۴۷۴	۰/۰۶۳ - ۰/۵	زیاد - خیلی زیاد
۳	اصفهان	۱۶	-۰/۶۲۸ ۰/۱۲۲	-۰/۵۱۳ ۰/۱۳۵	-۱/۹۷ ۱/۱۳۱	-۰/۲۷۲ -۰/۵۲۵	۰/۰۶۳ - ۰/۵	زیاد - خیلی زیاد
۴	البرز	۷	-۰/۵۹۲ ۰/۱۸۳	-۰/۵۶۴ ۰/۲۳۸	-۲/۳۸۸ ۱/۲۹۹	-۰/۳۴۸ -۰/۲۳۹	۰/۱۲۵ - ۰/۵	زیاد
۵	ایلام	۱۰	-۰/۲۵۱ ۰/۰۹۶	-۰/۲۵۴ ۰/۱۱۵	-۱/۴۱۳ ۰/۶۴۱	-۰/۳۹۸ - ۰ ۰/۶۴۱	۰/۰۶۳ - ۰/۵	زیاد - خیلی زیاد
۶	بوشهر	۲۲	-۰/۵۷۱ ۰/۰۷۸	۰/۰۹ - ۰/۴۵	-۲/۲۸۰ ۰/۶۲۴	-۰/۳۸۱ -۰/۵۱۷	۰/۰۶۳ - ۰/۵	زیاد - خیلی زیاد
۷	تهران	۳۱	-۰/۳۹۴ ۰/۰۹۸	۰/۱ - ۰/۵۹	-۲/۴۶۲ ۱/۰۰۳	-۰/۰۰۷ -۰/۴۱۷	۰/۱۲۵ - ۰/۵	زیاد
۸	خراسان جنوبی	۹	-۰/۱۷۹ ۰/۱۰۳	-۰/۲۱۱ ۰/۱۲۳	-۱/۴۰۳ ۰/۹۵۶	-۰/۱۳۳ -۰/۴۱۹	۰/۰۶۳ - ۰/۵	زیاد - خیلی زیاد
۹	خراسان رضوی	۱۹	-۰/۵۲۳ ۰/۱۳۶	-۰/۵۷۱ ۰/۱۳۰	-۱/۵۱۲ ۱/۰۵۳	-۰/۱۲۹ -۰/۵۳۳	۰/۰۶۳ - ۰/۵	زیاد - خیلی زیاد

۱۰	خراسان شمالی	۱۲	۰/۲۱۳ - ۰/۱	۰/۲۳۷ - ۰/۱۱۱	۱/۴۹۴ - ۰/۹۱۶	۰/۱۱۶ - ۰/۲۵۴	۰/۵ - ۰/۰۶۳	زیاد - خیلی زیاد
۱۱	خوزستان	۳۲	۰/۵۷۴ - ۰/۱۷۲	۰/۴۶ - ۰/۲	۱/۹۰۱ - ۱/۳۹۵	۰/۳۳ - ۰/۱۸۳	۰/۵ - ۰/۱۲۵	زیاد
۱۲	سمنان	۲۲	۰/۶۷ - ۰/۰۷۹	۰/۵۹۶ - ۰/۰۸۹	۲/۵۱۴ - ۱/۲۵۷	۰/۲۵ - ۰/۳۷۲	۰/۵ - ۰/۰۶۳	زیاد - خیلی زیاد
۱۳	سیستان و بلوچستان	۲۰	۰/۴۷۴ - ۰/۰۷۱	۰/۵۱۵ - ۰/۰۵۳	۱/۹۸۲ - ۱/۱۶	۰/۳۸۲ - ۰/۶۹۲	۰/۵ - ۰/۰۶۳	زیاد - خیلی زیاد
۱۴	فارس	۱۳	۰/۸۱۲ - ۰/۱۱۵	۰/۹۳۷ - ۰/۱۱	۲/۳۰۲ - ۰/۷۶۸	۰/۱۳۱ - ۰/۳۰۷	۰/۵ - ۰/۰۶۳	زیاد - خیلی زیاد
۱۵	قزوین	۶	۰/۱۸۵ - ۰/۱	۰/۱۹۶ - ۰/۱۲۹	۲/۱۶ - ۱/۶	۰/۱۸ - ۰/۲۴	۰/۵ - ۰/۰۶۳	زیاد - خیلی زیاد
۱۶	قم	۲۳	۰/۸۰۴ - ۰/۱۱۸	۰/۸۱۳ - ۰/۱۳۷	۲/۵۶۸ - ۱/۰۷۷	۰/۱۲۶ - ۰/۵۴۶	۰/۵ - ۰/۰۶۳	زیاد - خیلی زیاد
۱۷	کرمان	۲۶	۰/۳۳۹ - ۰/۰۹۷	۰/۳۶۸ - ۰/۱۱۲	۲/۲۰۹ - ۰/۷۵۹	۰/۰۷ - ۰/۵۲۴	۰/۵ - ۰/۰۶۳	زیاد - خیلی زیاد
۱۸	کرمانشاه	۴	۰/۳۱۱ - ۰/۱۲۱	۰/۲۸۶ - ۰/۱۲۳	۱/۵۰۲ - ۱/۰۵۷	۰/۰۷۸ - ۰/۳۰۵	۰/۵ - ۰/۰۶۳	زیاد - خیلی زیاد
۱۹	گلستان	۱۱	۰/۶۵۶ - ۰/۰۹۶	۰/۵۵ - ۰/۱۱۳	۱/۸۱۸ - ۱/۰۷۴	۰/۱۶۱ - ۰/۵۷۴	۰/۵ - ۰/۰۶۳	زیاد - خیلی زیاد
۲۰	مرکزی	۲۵	۰/۷۳ - ۰/۱۰۴	۰/۸۷۱ - ۰/۱۲۹	۱/۹۰۵ - ۰/۸۳۹	۰/۰۰۸ - ۰/۴۷۳	۰/۵ - ۰/۰۶۳	زیاد - خیلی زیاد
۲۱	هرمزگان	۱۹	۰/۱۴۳ - ۰/۰۷۳	۰/۱۹ - ۰/۰۷۲	۱/۷۷۷ - ۰/۶۳۶	۰/۰۱۱ - ۰/۴۵	۰/۲۵ - ۰/۰۶۳	خیلی زیاد
۲۲	یزد	۷۲	۱/۲۳۷ - ۰/۱۶۴	۲/۰۸۵ - ۰/۱۴۴	۲/۶۶۸ - ۱/۰۸۵	۰/۴۲۳ - ۰/۵۳۱	۰/۵ - ۰/۱۲۵	زیاد



شکل ۴- نمودار توزیع فراوانی نسبی ذرات خاک برداشت شده از کانون‌های گردوغبار کشور

است. با توجه به نتایج هیدرومتری، ماسه، سیلت و رس به‌طور میانگین ۴۴/۴، ۳۲/۴ و ۲۳/۲ درصد ذرات خاک کانون‌های

نتایج حاصل از دانه‌بندی با استفاده از روش الک خشک و هیدرومتری برای ۲۲ نمونه خاک سطحی در جدول ۶ آورده‌شده

نمونه‌های جمع‌آوری شده از کانون‌های گردوغبار کشور به ترتیب دارای بافت لومی، لومی سیلتی، لومی رسی، لومی رسی شنی، شنی لومی، لومی رسی سیلتی، رسی سیلت، رسی، شنی و رسی شنی می‌باشند.

گردوغبار کشور را تشکیل می‌دهند. اما با توجه به نتایج آزمایش دانه‌بندی، در بسیاری از نمونه‌ها ماسه دارای بیشترین درصد تشکیل دهنده ذرات را دارد. رس و سیلت نیز فراوانی کمتری دارند. ۲۰/۸ درصد از نمونه‌ها دارای بافت لومی شنی، ۱۷/۱، ۱۰/۸، ۱۰/۴، ۹/۷، ۹/۲، ۸/۵، ۵/۷، ۴/۳، ۲/۸ و ۰/۷ درصد از

جدول ۶- خلاصه ای از نتایج دانه‌بندی و بافت خاک سطحی کانون‌های گردوغبار کشور به درصد

شماره نمونه	قطر ذرات باقی مانده در الک (mm)											هیدرومتری
	>۰/۰۶۳	-۰/۱۲۵	-۰/۲۵	-۰/۵	-۱	۱-۲	۲-۴	<۴	ماسه	سیلت	رس	بافت
۱	۲	۱۲/۵	۴۹/۴	۱۶/۸	۱۶/۱	۳/۲	۰	۰	۲۰/۶	۳۴	۴۵/۴	رسی
۲	۰/۴۷	۲۲/۶۳	۳۹/۱۵	۱۴/۵۱	۴/۹۸	۷/۷	۸/۹۵	۱/۶	۸۵	۶	۹	شنی
۳	۱/۴۹	۱۵/۸۷	۲۷/۱	۲۹/۵	۱۹/۰۴	۶/۵۸	۰/۴۲	۰	۸۱/۶	۹	۹/۴	شنی لومی
۴	۵/۴	۵/۳	۲۹/۵	۲۳/۱	۲۹/۴	۶/۷	۰/۶	۰	۶/۲	۳۶	۵۷/۸	رسی
۵	۰/۵	۵/۶۳	۶۳/۴۶	۳۰/۰۳	۰/۳۴	۰/۰۴	۰	۰	۸۶/۶	۲	۱۱/۴	شنی لومی
۶	۱/۴۹	۴۷/۴۹	۴۱/۷۸	۳/۳	۱/۱۲	۱/۴۲	۲/۸	۰/۶	۵۵/۶	۲۵	۱۹/۴	شنی لومی
۷	۱/۸	۲۰/۴۹	۳۰/۳۴	۲۳/۵۶	۱۷/۱۵	۶/۰۷	۰/۵۹	۰	۴۰	۴۶	۱۴	لومی
۸	۱/۸۳	۲۷/۸۵	۴۰/۴۲	۲۱/۰۵	۷/۴۶	۱/۲۵	۰/۱۴	۰	۳۷	۲۴	۳۹	لومی رسی
۹	۳/۹۵	۳۱/۹۶	۲۷/۲۶	۱۷/۸۸	۱۰/۹۲	۷/۳۲	۰/۷۱	۰	۲۱	۵۰	۲۹	لومی رسی
۱۰	۲/۴۳	۲۴/۴۷	۳۱/۸۶	۱۸/۳	۱۳/۳۷	۶/۶۸	۲/۸۹	۰	۴۵	۲۸	۲۷	لومی رسی
۱۱	۰/۸	۱۳/۳	۳۳/۱	۱۴/۳	۲۲/۶	۱۵/۹	۰	۰	۱۱/۶	۷۲	۱۶/۴	لومی سیلتی
۱۲	۳/۷	۸/۲	۲۲/۶	۷/۴	۱۹/۱	۲۰/۷	۱۸/۳	۰	۶۵	۱۰	۲۵	لومی رسی
۱۳	۱/۷	۱۶/۱	۲۴/۳	۹/۵	۱۹/۱	۱۲/۸	۱۱/۶	۴/۹	۱۰/۲	۶۰	۲۹/۸	لومی رسی
۱۴	۱/۵۳	۱۸/۲۳	۲۵/۰۷	۲۶/۶۹	۲۰/۱۹	۸/۰۹	۰/۲	۰	۱۳/۶	۳۴	۵۲/۴	لومی رسی
۱۵	۳/۲۲	۳۷/۷۸	۲۸/۴۳	۲۰/۰۷	۸/۹۲	۱/۵۶	۰/۰۲	۰	۱۱	۵۸	۳۱	لومی رسی
۱۶	۱/۲۸	۱۲/۳۸	۱۳/۳۹	۱۲/۵	۱۵/۳۵	۱۵/۴	۱۶/۳	۱۳/۴	۷۶	۲۱	۳	لومی رسی
۱۷	۰/۴	۱۲/۱	۶۲/۵	۱۹/۶	۵/۱	۰/۳	۰	۰	۷۵/۶	۶	۱۸/۴	لومی رسی

لومی	۱۸	۵/۴۷	۲۰/۵۴	۱۷/۵۲	۲۰/۵۵	۲۶/۴۵	۸/۹۶	۰/۵۱	۰	۱۹	۵۰	۳۱	رسی
سیلتی													
لومی	۱۹	۰/۰۲	۱/۲۶	۲۱/۰۷	۳۰/۹۹	۲۴/۹	۲۱/۷۶	۰	۰	۱۶/۴	۵۲	۳۱/۶	رسی
سیلتی													
لومی	۲۰	۰/۱۳	۵/۰۸	۳۷/۱۸	۲۳/۱	۱۰/۲۲	۸/۵۲	۷/۲۷	۸/۵	۴۷	۲۴	۲۹	رسی
شنی													
شنی	۲۱	۴/۵	۶۴/۳	۲۴/۵	۵/۲	۰/۹	۰/۵	۰/۱	۰	۸۲/۲	۱۰	۷/۸	رسی
لومی													
لومی	۲۲	۰/۸	۱۲/۸	۳۲/۵	۱۲/۳	۱۷/۸	۱۰/۲	۹/۵	۴/۱	۶۳	۱۴	۲۳	رسی
شنی													

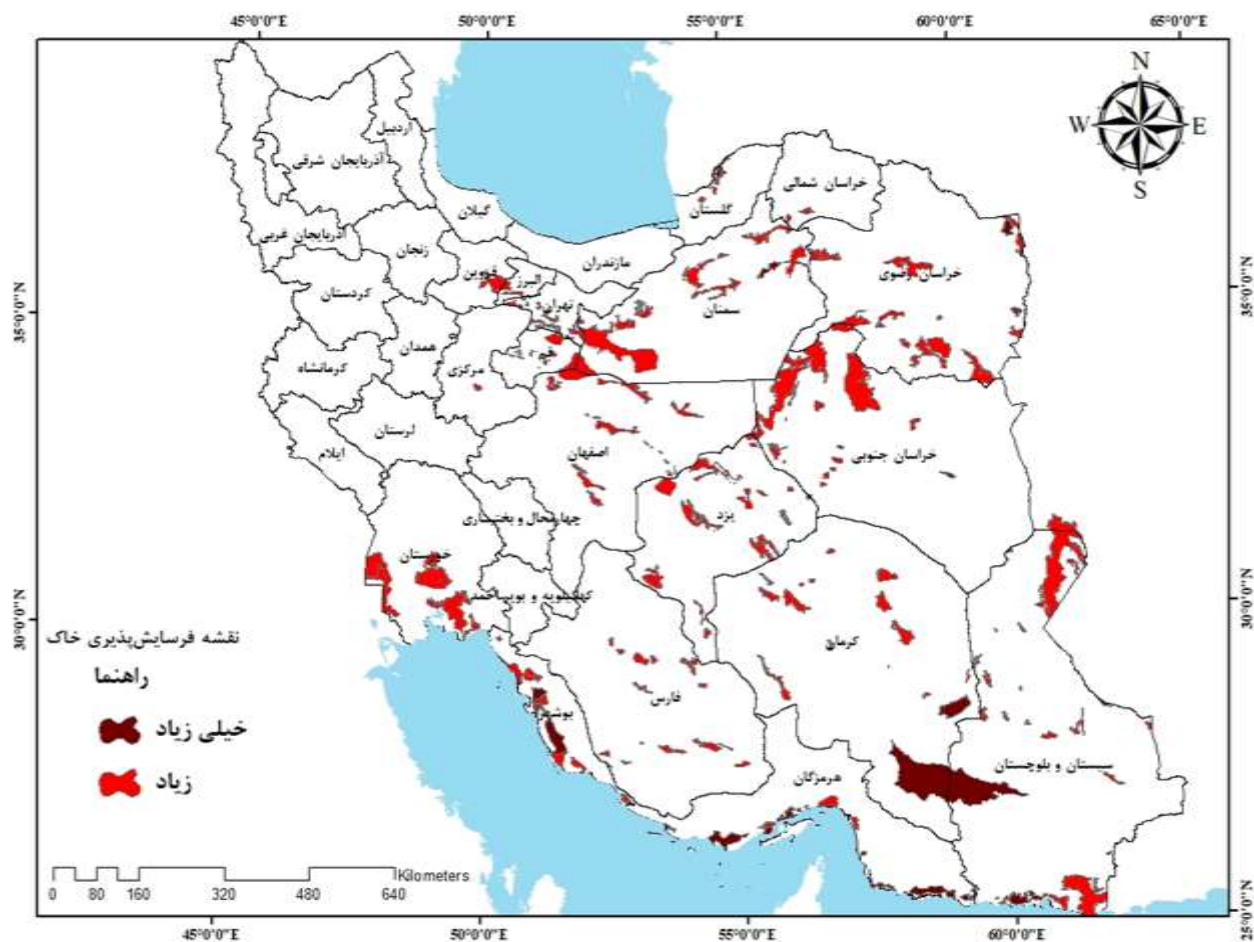
لازم به ذکر است مساحت اراضی با فرسایش‌پذیری زیاد و خیلی زیاد پس از تهیه نقشه پتانسیل فرسایش‌پذیری کانون‌های گردوغبار کشور توسط نرم افزار GIS تعیین شد. با توجه به جدول ۷، کانون‌های گردوغبار استان سیستان و بلوچستان، کرمان، بوشهر و هرمزگان دارای بیشترین اراضی با فرسایش‌پذیری خیلی زیاد می‌باشند.

مساحت کانون‌های گردوغبار کشور با پتانسیل فرسایش‌پذیری زیاد و خیلی زیاد به تفکیک استان‌ها در جدول ۷ ارائه شده است. همچنین براساس داده‌های به‌دست آمده از آزمایش دانه‌بندی و آزمایش تونل باد، نقشه پتانسیل فرسایش‌پذیری کانون‌های گردوغبار کشور تهیه شد (شکل ۵). مساحت کانون‌های گردوغبار ذکرشده در جدول ۷، توسط دکتر عباسی و همکاران در طرح شناسایی و پایش منابع گردوغبار [۱] تعیین شد.

جدول ۷- مساحت کانون‌های گردوغبار کشور با پتانسیل فرسایش‌پذیری زیاد و خیلی زیاد

استان	مساحت کانون‌های گردوغبار (ha)	مساحت اراضی با فرسایش‌پذیری خیلی زیاد (ha)	درصد مساحت اراضی با فرسایش‌پذیری درصد مساحت	زیاد (ha)	درصد مساحت اراضی با فرسایش‌پذیری درصد مساحت
			(%)		(%)
آذربایجان غربی	۴۲۲۸	۴۶۹	۴/۲۲	۳۷۵۹	۹۵/۷۸
اصفهان	۳۷۷۷۲۹	۱۵۹۶۳	۱۱/۱	۳۶۱۷۶۶	۸۸/۹
البرز	۳۶۲۷۹	-	-	۳۶۲۷۹	۱۰۰
بوشهر	۴۰۹۴۰۱	۱۸۳۹۱۴	۴۴/۹	۲۲۵۴۸۷	۵۵/۱
تهران	۱۰۶۲۷۷	-	-	۱۰۶۲۷۷	۱۰۰
خراسان جنوبی	۱۱۲۷۰۱۴	۵۹۳۷	۰/۵	۱۱۲۱۰۷۷	۹۹/۵
خراسان رضوی	۷۷۱۲۴۸	۸۹۴۵	۱/۱۶	۷۶۲۳۰۳	۹۸/۸۴
خراسان شمالی	۲۳۴۴۴	۲۶۸۲	۱۱/۴۵	۲۰۷۶۲	۸۸/۵۵
خوزستان	۷۳۵۰۷۷	-	-	۷۳۵۰۷۷	۱۰۰
سمنان	۹۱۵۶۷۵	۸۲۶۶۶	۹/۰۲	۸۳۳۰۰۹	۹۰/۹۸
سیستان و بلوچستان	۱۵۶۰۳۹۹	۳۲۵۶۸۷	۲۰/۹	۱۲۳۴۷۱۲	۷۹/۱
فارس	۲۲۱۷۲۸	۷۲۷۴	۳/۲۸	۲۱۴۴۵۴	۹۶/۷۲
قزوین	۸۶۵۳۴	۲۲۹۶	۲/۶۵	۸۴۲۳۸	۹۷/۳۵
قم	۱۱۰۶۶۴	۷۲۶	۰/۶۵	۱۰۹۹۳۸	۹۹/۳۵

۶۷/۳۳	۷۵۶۲۰۵	۳۲/۶۷	۳۶۶۹۶۳	۱۱۲۳۱۶۸	کرمان
۹۲/۶۳	۵۰۳۱۸	۷/۳۷	۴۰۰۷	۵۴۳۲۵	گلستان
۹۴/۴۸	۱۰۵۱۱	۵/۵۲	۶۱۴	۱۱۱۲۵	مرکزی
۱۹/۴۸	۷۷۸۸۴	۸۰/۵۲	۳۲۱۹۳۸	۳۹۹۸۲۲	هرمزگان
۱۰۰	۵۷۰۸۰۲	-	-	۵۷۰۸۰۲	یزد



شکل ۵- نقشه فرسایش پذیری خاک کانون های گردوغبار کشور

بحث و نتیجه گیری

خاک هایی با بافت سبک دارند که با نتایج تحقیق نهتانی [۱۹] نیز همخوانی دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده ذرات ماسه (۰/۲۵ - ۰/۱)، سیلت و رس حساس ترین و مستعدترین ذرات برای تشکیل گردوغبار هستند. بنابراین با توجه به نتایج تحقیق می توان دریافت که توزیع اندازه ذرات اولیه و ثانویه یکی از اثرگذارترین ویژگی های خاک بر فرسایش پذیری می باشند. نتایج حاصل از آزمایش تونل باد در طرح شناسایی و پایش منابع گردوغبار، با نتایج آزمایش دانه بندی این تحقیق در مورد ارتباط مقادیر ذرات ثانویه با مقدار فرسایش پذیری، با استفاده از نظریه چپیل مطابقت داشت. بنابراین به دلیل

نتایج تحقیق نشان داد که افزایش ذرات ماسه (۰/۲۵ - ۰/۱ میلی متر) موجب افزایش فرسایش پذیری خاک ها می شود که با نتایج مطالعات راعی و همکاران [۲۱] مطابقت داشت. با توجه به نتایج به دست آمده، خاک های شنی، مقدار سیلت و رس کمتری برای تشکیل خاکدانه ها دارند، بر این اساس حساسیت آنها در برابر فرسایش از خاک های ریزبافت بیشتر می باشد و توسط محققان دیگر [۷، ۹، ۱۲، ۱۴، ۲۱، ۲۳، ۲۸] نیز تأکید شده است.

همچنین نتایج تحقیق نشان داد که خاک هایی با بافت متوسط و سنگین به ترتیب فرسایش پذیری کمتری نسبت به

فراوانی خاک‌هایی با بافت سبک و متوسط، فراوانی بالای ذرات ماسه (۰/۲۵ - ۰/۶۳ میلی‌متر) و سیلت در نمونه‌ها، میزان فرسایش‌پذیری خاک‌های برداشت شده از کانون‌های گردوغبار کشور، زیاد بوده و حساس به فرسایش بادی می‌باشند.

در این تحقیق، جهت تعیین پتانسیل فرسایش‌پذیری هر یک از نمونه‌های خاک برداشت شده از کانون‌های گردوغبار کشور، از پارامتر توزیع اندازه ذرات که جزء مهم‌ترین ویژگی‌های خاک در زمینه فرسایش‌پذیری محسوب می‌شود استفاده شد و نتایج خوبی در زمینه برآورد پتانسیل فرسایش‌پذیری هر یک از نمونه‌های خاک برداشت‌شده از کانون‌های گردوغبار کشور کسب شد.

البته بایستی توجه نمود که بررسی فرسایش‌پذیری بادی خاک با استفاده از توزیع اندازه ذرات فرآیند پیچیده‌ای بوده و نمی‌توان انتظار داشت که تقسیم ذرات ثانویه و اولیه به سه بخش ماسه، رس و سیلت بتواند تمام تغییرات در فرسایش‌پذیری خاک‌ها را تبیین نماید. لازم به ذکر است استفاده از این روش در مناطقی که دارای خاک‌هایی با پوشش سنگریزه‌ای است دقت کمتری داشته است. در این تحقیق تعدادی از نمونه‌های جمع‌آوری شده از کانون‌های گردوغبار استان یزد، فراوانی ذرات درشت (بیش

از یک میلی‌متر) بیش‌تر از فراوانی ذرات ریزدانه (۰/۵ - ۰/۰۵ میلی‌متر) بوده و طبق نظریه چپیل (۱۹۴۵) این نمونه‌ها دارای فرسایش‌پذیری متوسط می‌باشند. اما با انجام آزمایش تونل باد بر روی این نمونه‌ها اثبات شد که، این نمونه‌ها با وجود محدود بودن فراوانی ذرات ریزدانه نسبت به فرسایش بادی خیلی حساس می‌باشند. از این رو پتانسیل فرسایش‌پذیری این نمونه‌ها زیاد در نظر گرفته شد.

برای تعیین پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک‌ها، پیشنهاد می‌شود از پارامتر توزیع اندازه ذرات به دلیل مقرون به صرفه بودن این روش و نیز سادگی و سرعت عمل بالا استفاده شود.

اما اگر بخواهیم میزان فرسایش‌پذیری هر یک از نمونه‌های خاک برداشت شده از کانون‌های گردوغبار کشور که دارای پتانسیل فرسایش‌پذیری زیاد یا خیلی زیاد هستند را مورد مقایسه قرار دهیم پیشنهاد می‌شود علاوه بر پارامتر توزیع اندازه ذرات سایر پارامترها مانند چسبندگی، رطوبت، املاح، شکل ذرات و به‌ویژه چگونگی قرار گرفتن ذرات در سطح خاک مورد بررسی قرار گیرد.

References

- [1]. Abbasi, H. R., Gohardoust, A., Kaksarian, F., Mirisoliman, J., Yasrbi, B., Abadeh, M., Aryan, Y.G., Farahani, A.F., Rahi, G., Razavizadeh, S., Gorbanian, D., Darodi, H., Marandi, H., Kharazmi, R., Shahbazi, K., Mahdizadeh, M.P., Sarfaraz, F., & Sharifie, R. (2023). *Identification and Monitoring Sand and Dust Sources in Iran*, Report, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization, Tehran, Iran. [in Farsi]
- [2]. Ahmadi, H. (2008). *Applied Geomorphology (Desert-Wind Erosion)*, University of Tehran.
- [3]. Al-Dousari, A. M., Al-Awadhi, J., & Ahmed, M. (2013). Dust fallout characteristics within global dust storm major trajectories. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(10), 3877-3884. <https://doi.org/10.1007/s12517-012-0644-0>
- [4]. Bronick, C. J., & Lal, R. (2005). Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124(1-2), 3-22. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.03.005>
- [5]. Chandler, D.G., Saxton, K.E., & Busacca, A.J. (2004). Predicting wind erodibility of loessial soils in the Pacific Northwest by particle sizing. *Arid Land Research and Management*, 19(1), 13-27. <https://doi.org/10.1080/15324980590887074>
- [6]. Chepil, W. S. (1941). Relation of wind erosion to the dry aggregate structure of a soil. *Scientific Agriculture*, 21(8), 488-507. doi/abs/10.4141/sa-1941-0029
- [7]. Chepil, W. S. (1953). Factors that influence clod structure and erodibility of soil by wind: I. Soil texture. *Soil Science*, 75(6), 473-484.

- <https://doi.org/10.1097/00010694-195311000-00010>
- [8]. Chepil, W. S. (1957). Sedimentary characteristics of dust storms: III. Composition of suspended dust. *Am. J. Sci*, 255(3), 206-213. <https://doi.org/10.2475/ajs.255.3.206>.
- [9]. Colazo, J. C., & Buschiazzi, D. E. (2010). Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma*, 159(1-2), 228-236. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.07.016>
- [10]. Ekhtesasi, M.R. & Azimzadeh, H.R. (2012). Investigation on the Dry and Wet Sieving Soil Granulometry Indices and its Application in Water and Wind Erosion Studies (Case Study: Yazd Plain), *Arid Biome Scientific and Research Journal*, 2(2), 1-9, doi: 20.1001.1.2008790.1391.2.2.1.8 (in Farsi).
- [11]. Folk, R. L., & Ward, W. C. (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary research*, 27(1), 3-26. <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D>
- [12]. Fryrear, D. W., Krammes, C. A., Williamson, D. L., & Zobeck, T. M. (1994). Computing the wind erodible fraction of soils. *Journal of Soil and Water Conservation*, 49(2), 183-188. <https://doi.org/10.1080/00224561.1994.12456849>
- [13]. Hagen, L. J. (1991). A wind erosion prediction system to meet user needs. *Journal of soil and water conservation*, 46(2), 106-111. <https://doi.org/10.1080/00224561.1991.12456588>
- [14]. Hassan, A. A., & Mustafa, M. A. (2011). Assessment and mapping of wind erodibility of aridisols and entisols in the River Nile State, Sudan. In *The 5th Annual Conference-Agricultural and Veterinary Research-February 2014. University of Khartoum*.
- [15]. Karami, A., Zehtabian, G.H.R., Khosravi, H., Mesbahzade, T., Zare, S., & Behrangmanesh, M. (2021). Determining the Sensitivity of Lake Sediments to Wind
- Erosion and its role in creating dust (A Case Study: of the Dried up Lake of Parishan, Fars Province), *Earth Science Research*, 12(45), 114-130. doi:10.52547/esrj.12.1.114 (in Farsi).
- [16]. Kazemi, M., Feiznia, S., Khosravi, H., Mesbah, H., & Shahbazi, R. (2018). Investigation of Sedimentology and Classification of Sediments in Maharloo Lake to Determine its Susceptibility to Wind Erosion, *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 24(4), 815-828, <https://doi.org/10.22092/ijrdr.2017.114892> (in Farsi).
- [17]. Lal, R. (1990). Soil degradation: A global threat. *Soil Degradation, Advances in Soil Science*, 11, xiii-xvii.
- [18]. Mesbahzade, T., Ayyazi, Z., & Soleymani sardo, F. (2018). Morphoscopic Evaluation and Granulometry of Wind Sediments (Aran-Kashan Case Study), *Journal of Natural Resources of Iran*, 71(3), 787-795, <https://doi.org/20.1001.1.22517812.1401.12.2.10.7> (in Farsi).
- [19]. Nohtani, M. (2014). *Effect of Soil Physical and Chemical characteristic on Soil Erodibility by Wind and its Zoning (Zahak as a Case Study)*. the thesis submitted for the degree of [M.sc. university of Zabol], 150, (in Farsi).
- [20]. Pásztor, L., Négyesi, G., Laborcsi, A., Kovács, T., László, E., & Bihari, Z. (2016). Integrated spatial assessment of wind erosion risk in Hungary. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(11), 2421-2432. <https://doi.org/10.5194/nhess-16-2421-2016>
- [21]. Raei, B., Ahmadi, A., Neyshaburi, M.R., Ghorbani, M.A., & Asadzadeh, F. (2019). Determination of Soil Wind Erodibility in Eastern Urmia Lake and its Relationship with Soil Physicochemical Properties, *Applied Soil Research Journal*, 8(2), 82-98. [in Farsi]
- [22]. Refahi, H.GH. (1999). Wind Erosion and its Control. Tehran: University of Tehran.
- [23]. Shahabinejad, N., Mahmoodabadi, M., Jalalian, A., & Chavoshi, E. (2020). The influence of Soil Properties on the Wind Erosion Rate at Different Regions of Kerman Province, *Journal of Water and Soil science*, 24(3), 209-222.
- agricultural fields associated with high winds on the Columbia Plateau. *Earth Surface*

- Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 32(4), 621-630. <https://doi.org/10.1002/esp.1425>
- [25]. Skidmore, E. L., & Powers, D. H. (1982). Dry soil-aggregate stability: Energy-based index. *Soil Science Society of America Journal*, 46(6), 1274-1279. <https://doi.org/10.2136/sssaj1982.03615995004600060031x>
- [26]. Visser, S. M., Sterk, G., & Ribolzi, O. (2004). Techniques for simultaneous quantification of wind and water erosion in semi-arid regions. *Journal of Arid Environments*, 59(4), 699-717. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.02.005>
- [27]. Zamani, S., & Mahmoodabadi, M. (2013). Effect of particle-size distribution on wind erosion rate and soil erodibility, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59(12), 1743-1753, (in Farsi).
- [28]. Zhao, H. L., Yi, X. Y., Zhou, R. L., Zhao, X. Y., Zhang, T. H., & Drake, S. (2006). Wind erosion and sand accumulation effects on soil properties in Horqin Sandy Farmland, Inner Mongolia. *Catena*, 65(1), 71-79.
- [29]. Zhu, B.Q., Yu, J.J., Rioual, P., & Ren, X.Z. (2014). Particle size variation of aeolian dune deposits in the lower reaches of the Heihe River basin, China. *Sedimentary Geology*, 301, 54-69.
- [30]. Zobeck, T. M., & Van Pelt, R. S. (2006). Wind-induced dust generation and transport mechanics on a bare agricultural field. *Journal of hazardous materials*, 132(1), 26-38.

Investigation Wind Erodibility of Soil using Particle Size Distribution Analysis in Dust Sources of Iran (Research Paper)

1- Hashem Siami Kandeh*, MSc in Management and Control Desert, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

siami@ut.ac.ir

2- Hamidreza Abbasi, Assistant Professor, Desert research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Received: 16 Dec. 2023

Accepted: 26 Jan. 2025

Abstract

Wind erosion directly depends on the physical and chemical properties of the soil and sediment. Particle size distribution is an important feature of soil physics and is one of the important factors related to soil erodibility that plays an important role in inhibition of wind erosion. The aim of this study was to determine the erodibility potential of soils in dust sources based on particle size distribution by granulometry and texture experiment. For this purpose, 423 soil and sediment samples from 0 to 5 cm depth (the area affected by deflation) were collected from dust sources of the Iran and granulometry experiments were carried out on them. Granulometry experiment was carried out based on dry sieving method and after preparation of samples, 100 g soil was weighed from each sample and poured into a set of sieves. In order to perform the granulometry test, standard series of sieves based on ASTM method were used. Statistical parameters granulometry were determined by Folk and Ward method (1957) by GRADISTAT software. Texture testing was also done by hydrometric method. The results showed that erodibility of soils harvested from dust sources was high and very high according to Chapil (1945) theory and the dominant diameter of soil particles was between 0.05 and 0.5 mm sensitive to wind erosion. As a result, all samples collected from dust sources in Iran are very sensitive to wind erosion. According to the results of the hydrometric test, sand, silt and clay constitute 44.4, 32.4 and 23.2 percent of soil particles in the Dust Sources of Iran. According to the results, about 15.6% of samples have very high erodibility and about 84.4% of samples have high erodibility. Also, the results showed that samples collected from dust sources in the south of the Iran such as Sistan and Baluchestan, Hormozgan, Bushehr and Kerman provinces have the highest erodibility compared to other samples.

Keywords: Granulometry, Soil texture, Wind erosion, Aggregate.