



دانشگاه زابل

مدیریت تحصیلات تکمیلی

دانشکده آب و خاک

گروه مرتع و آبخیزداری

پایان نامه جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی - بیابان زدایی

موضوع

پهنه‌بندی حساسیت، شدت و میزان فرسایش بادی در بستر هامون صابری، دشت سیستان

اساتید راهنما:

دکتر احمد پهلوانروی

دکتر اکبر فخیره

استاد مشاور:

مهندس حمیدرضا عباسی

نگارنده:

محمد رضا بارانی زاده

مهرماه ۱۳۹۳

تقدیم به:

روح پدر و مادرم

همسر و فرزندانم

آنان که با جز جزء وجودشان محبت و عاطفه، مستند مرا توان پس از حیاتشان نیست آرزومند تحقق آرزوهایشان، مسم.

تقدیر و تشکر

مفتخرم که در طی دوران کارشناسی ارشد و در اجرای پایان نامه خود از راهنمایی استاد گرانقدر جناب آقای دکتر احمد پهلوان روی و دکتر اکبر فخریه کسب فیض نمودم و همچنین از استاد مشاور جناب آقای مهندس حمید رضا عباسی که در طول مراحل پایان نامه مرایاری کرد کمال تشکر و قدردانی را دارم. از استاد فرزانه جناب آقای دکتر محمد نستانی که زحمات داور این رساله را مستقبل شدن نیز تشکر و قدردانی می‌نمایم؛ همچنین از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر حسین سپری جهت همکاری‌های لازم تشکر و قدردانی می‌نمایم.

برای تمامی عزیزان آرزوی موفقیت روز افزون از خداوند منان را دارم با آرزوی سربلندی و سرفرازی برای همگی شاعرینان.

محمد رضا بارانی زاده

چکیده

در این تحقیق سعی گردیده پهنه‌بندی حساسیت، شدت و میزان فرسایش بادی در بستر هامون صابری در دشت سیستان انجام گردد بر همین اساس با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای و گوگل ارث و بر اساس روش فیزیوگرافی واحدهای اراضی تفکیک شدند و در هر واحد اراضی اقدام به نصب ۱۵ پیکه مدرج در دو ردیف شرقی و غربی گردید سپس در سه ماه متوالی که دارای طوفان‌های شدید بود میزان بادبردگی اندازه‌گیری شد. همچنین از محل هر پیکه یا شاخص مدرج نمونه خاک سطحی تا عمق ده سانتی متر تهیه و نمونه‌ها جهت تجزیه به آزمایشگاه خاک ارسال شد و پارامترهای اسیدیته، هدایت الکتریکی، بافت خاک، درصد آهک، میزان گچ، درصد سدیم تبادل، درصد کربن آلی اندازه‌گیری گردید. در ادامه ارتباط خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و میزان بادبردگی توسط رگرسیون‌گیری در نرم افزار SPSS انجام شد. همچنین نقشه‌ی پهنه‌بندی میزان فرسایش بادی با استفاده از GIS تهیه شد. نتایج نشان دادند که میزان فرسایش در واحدهای مختلف بین ۰ تا ۷ سانتی متر تغییر می‌کند کمترین میزان بادبردگی به میزان صفر تا نیم سانتی متر در اراضی دارای پوشش نسبی و حاشیه جنگل بش و بالاترین میزان بادبردگی به میزان ۷ سانتی متر در دو واحد در مرکز هامون صابری (محدوده برینگک) روی داده است. میانگین بادبردگی ۲/۱ سانتی متر می‌باشد که بر اساس آمار بدست آمده میزان تلفات خاک در منطقه مورد مطالعه ۲۱۰ متر مکعب در هکتار در سال می‌باشد نتایج آزمایشات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها نشان دادند که بیشتر خاک‌های موجود دارای محدودیت شوری و قلیابیت است.

کلیدواژه: فرسایش بادی، سیتان، دریاچه هامون صابری، فرسایش‌پذیری بادی خاک

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
فصل اول: مقدمه و کلیات	
۲	۱-۱- مقدمه
۴	۱-۲- اهداف تحقیق
۴	۱-۳- سوالات تحقیق
۴	۱-۴- فرضیات تحقیق
۵	۱-۵- کلیات
۵	۱-۵-۱- فرسایش بادی
۵	۱-۵-۱-۱- عوامل ایجاد فرسایش بادی
۶	۱-۵-۱-۲- اثرات فرسایش بادی بر خاک
۶	۱-۵-۱-۲-۱- اثرات زیست محیطی فرسایش
۷	۱-۵-۱-۲-۲- اثرات اجتماعی، اقتصادی فرسایش
۸	۱-۵-۲- فرسایش پذیری خاک
۹	۱-۵-۲-۱- عوامل مؤثر در فرسایش پذیری بادی خاک
۹	۱-۵-۳- سرعت آستانه فرسایش بادی
۹	۱-۵-۳-۱- عوامل مؤثر در سرعت آستانه‌ی حرکت ذرات
۱۰	۱-۵-۴- باد
۱۱	۱-۵-۴-۱- بادهای ایران
۱۲	۱-۵-۴-۲- سرعت و جهت باد
۱۲	۱-۵-۴-۳- اشکال حرکت ذرات در جریان باد
فصل دوم: مرور منابع	
۱۵	۲-۱- سابقه‌ی تحقیق در ایران
۱۸	۲-۲- سابقه‌ی تحقیق در خارج از ایران
فصل سوم: مواد و روشها	
۲۵	۳-۱- موقعیت جغرافیایی مورد مطالعه
۲۸	۳-۲- اقلیم‌شناسی
۲۸	۳-۲-۱- بارندگی
۲۸	۳-۲-۲- خشکسالی
۲۸	۳-۲-۳- دما
۲۸	۳-۲-۴- تبخیر
۲۹	۳-۲-۵- باد
۲۹	۳-۲-۶- اقلیم
۲۹	۳-۳- زمین‌شناسی

۳۰	۳-۴- خاک شناسی
۳۱	۳-۵- پوشش گیاهی
۳۱	۳-۵-۱- تیپ شور-گز
۳۱	۳-۵-۲- تیپ گز-نی- بونو (بونو)
۳۲	۳-۵-۳- تیپ گز نیمه خشک- سیاه شور
۳۲	۳-۵-۴- تیپ سیاه شور- بونی
۳۲	۳-۵-۵- تیپ گز- نی- خارشتر
۳۲	۳-۵-۶- تیپ گزوبونی
۳۲	۳-۶- منابع آب های سطحی
۳۳	۳-۷- روش تحقیق
۳۶	۳-۷-۱- آنالیزهای آزمایشگاه
۳۷	۳-۷-۱-۱- اندازه گیری بافت خاک
۳۷	۳-۷-۱-۲- اسیدیته (PH)
۳۷	۳-۷-۱-۳- هدایت الکتریکی (EC)
۳۸	۳-۷-۱-۴- کربن آلی خاک
۳۹	۳-۷-۱-۵- آهک خاک
۳۹	۳-۷-۱-۶- گچ خاک
۴۰	۳-۷-۱-۷- درصد سدیم تبادل (ESP)
۴۱	۳-۸- تجزیه و تحلیل آماری

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴۳	۴-۱- نتایج
۴۳	۴-۱-۱- نتایج بادبردگی ها و تعیین میزان فرسایش بادی
۴۳	۴-۱-۱-۱- سرعت باد
۴۵	۴-۱-۱-۲- جهت باد غالب
۴۹	۴-۲- نتایج تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ارتباط آنها با بادبردگی
۵۱	۴-۳- همبستگی میان پارامترها
۵۱	۴-۳-۱- اسیدیته (PH)
۵۲	۴-۳-۲- شوری (EC)
۵۳	۴-۳-۳- درصد گچ و آهک
۵۴	۴-۳-۴- بافت خاک
۵۶	۴-۳-۵- سدیم NA
۵۷	۴-۳-۶- کربن آلی
۵۸	۴-۴- بحث و نتیجه گیری
۶۱	۴-۵- پیشنهادات
۶۲	منابع

فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل شماره (۳-۱) موقعیت جغرافیایی محل انجام تحقیق.....	۲۷
شکل شماره (۳-۲) مسیر حرکت طوفان های شن از افغانستان در شمال هامون صابری تا قیانوس هند.....	۳۴
شکل ۳-۳ پهنه بندی حساسیت به باد بردگی، تفکیک واحدهای اراضی منطقه برداشت مورد مطالعه.....	۳۵
شکل ۳-۴ مسیر شاخص های مدرج (پیکه ها) در هامون صابری.....	۳۵
شکل شماره (۳-۵) (الف، ب، ج) محل نصب، موقعیت، نحوه اندازه گیری فرسایش بادی در محل پیکه ها.....	۳۶
شکل (۴-۱) سرعت باد های یکصد و بیست روزه سیستان در سال ۱۳۹۲.....	۴۴
شکل (۴-۲) گلباد ایستگاه سینوپتیک زابل (دوره آماری ۹۳-۱۳۶۹).....	۴۶
شکل (۴-۳) نقشه پهنه بندی و بادبردگی منطقه مورد مطالعه در هامون صابری.....	۴۷
شکل (۴-۴) رابطه میزان باد بردگی با اسیدیته خاک.....	۵۲
شکل (۴-۵) رابطه EC با میزان باد بردگی.....	۵۲
شکل (۴-۶) رابطه آهک با میزان بادبردگی.....	۵۳
شکل (۴-۷) رابطه گچ با میزان باد بردگی.....	۵۴
شکل (۴-۸) رابطه درصد رس با میزان بادبردگی.....	۵۵
شکل (۴-۹) رابطه درصد سیلت با میزان بادبردگی.....	۵۵
شکل (۴-۱۰) رابطه درصد ماسه با میزان باد بردگی.....	۵۶
شکل (۴-۱۱) رابطه سدیم تبادل با میزان بادبردگی.....	۵۷
شکل (۴-۱۲) رابطه کربن با میزان باد بردگی.....	۵۷

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۴۴.....	جدول شماره ۴-۱: طبقه بندی سرعت باد.....
۴۶.....	جدول شماره (۴-۲) نتایج بادبردگی در هامون صابری.....
۴۹.....	جدول شماره (۴-۳) میانگین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک‌های منطقه.....
۵۰.....	جدول (۴-۴) ماتریس همبستگی میان خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه و سرعت بادبردگی.....

فصل اول
مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

فرسایش بادی فرایندی است که به سبب افزایش سرعت بادهای متلاطم در سطح عاری از پوشش ایجاد می‌شود. فرسایش بادی یکی از فرایندهای مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و بیابانی است که با توجه به شرایط اقلیمی خشک و فراخشک ایران، بخش‌های زیادی از مرکز و جنوب و شرق ایران تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارد (مه‌دی‌ان، ۱۳۸۴). فرسایش خاک فرایندی است که طی آن جداسازی، انتقال و رسوب ذرات خاک از مکانی به مکان دیگر رخ می‌دهد (Julien, 1995). فرسایش آبی و بادی از مشکلات جدی مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می‌آیند، به گزارش سازمان بهره‌وری آسیا، فرسایش خاک در ایران معادل ۲ تن در هکتار در سال می‌باشد. و آمارها نشان می‌دهد که ده سال گذشته، فرسایش ۱۰ تن در هکتار در سال بوده و طی این مدت فرسایش خاک دو برابر شده است (UNDP, 1999). فرسایش بادی زمانی رخ می‌دهد که شرایط برای جدا کردن و انتقال مواد خاک به وسیله باد مناسب باشد. عوامل مؤثر در این شرایط و به عبارت دیگر عوامل مؤثر در فرسایش بادی عبارتند: از خصوصیات خاک، آب و هوا، پوشش گیاهی، زیری سطح خاک، پستی و بلندی و طولی از زمین که در معرض باد قرار می‌گیرد. ویژگی‌های خاک بر سهولت جابجایی ذرات آن توسط باد تأثیری گذارد مهم‌ترین این ویژگی‌ها که در فرسایش‌پذیری آن مؤثرند عبارتند: از بافت خاک، چسبندگی ذرات خاک، ساختمان خاک، ماده آلی، رطوبت خاک، شکل ذرات، اندازه و وزن مخصوص ذره‌ی خاک این عوامل با هم وزن ذره در نتیجه فرسایش‌پذیری آن را تعیین می‌کنند. خاک زمانی منتقل می‌شود که به اندازه کافی سبک و قابل حمل و به اندازه کافی درشت باشد تا قسمتی از آن در معرض باد قرار گیرد. حداقل قطری که در معرض باد قرار می‌گیرد ۰/۱ میلی‌متر است (رفاهی، ۱۳۷۸). فرسایش بادی در مناطق بیابانی دارای شدت بیشتری بوده و با قدرت زیادتری منجر به تخریب اراضی می‌شود. عواملی مانند: بافت، سنگ‌شناسی، آب و هوا، پوشش گیاهی و نوع کاربری از عوامل

تأثیرگذار بر فرسایش بادی هستند 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). معادلات مختلفی جهت توجیه فرسایش بادی در شرایط و با فرضیات مختلف ساخته شده است لیکن وجه مشترک آنها تقسیم عوامل مختلف در دو بخش عمده به صورت عوامل مربوط به خصوصیات خاک که فرسایش‌پذیری خاک نامیده می‌شود و عوامل مربوط به فیزیک و خصوصیات جریان باد که آن را تحت عنوان فرسایش‌زایی بادی می‌نامند (Morgan, 1986 & Ridvan kizilkay, 2010).

سدیم می‌تواند بر روی خاک و نبات تأثیر سوپی داشته باشد. یون سدیم موجب می‌شود که خاک مرطوب نسبت به نفوذ آب و هوا مقاوم و نفوذ ناپذیر شده، پس از خشک شدن نیز به صورت کلوخ‌هایی در آیند سطح خاک های سدیم دار از قشر سختی پوشیده می‌شود که مانع جوانه زدن بذور است (بای بوردی، ۱۳۷۲). در سال‌های اخیر کمبود بارندگی و خشکسالی‌های پی در پی طولانی در مناطق شرق و جنوب شرق کشور، خشک شدن و کاهش سطح آب تالاب‌ها و آب‌گیرها، از بین رفتن پوشش گیاهی، افزایش وزش باد را در پی داشته است که نتیجه آن افزایش وقوع طوفان‌های گرد و غبار بوده است (زمانی و همکاران، ۱۳۹۲). عوامل بستر ساز پدیده گرد و غبار در سیستان، بیابان‌های کشور همسایه افغانستان و بستر تالاب هامون می‌باشد. تالاب هامون به وسیله رودخانه‌های هیرمند، فراه‌رود و رود بندان و خاش رود تغذیه می‌شوند که از کشور افغانستان و ایران سرچشمه می‌گیرند. سیاست‌ها و اقدامات عمرانی اخیر افغانستان و ایران در جهت مهار آب‌های سطحی و بهره‌برداری بهینه از منابع آبی و خشک سالی‌های طولانی باعث کاهش دبی آب رودخانه‌های هیرمند و فراه‌رود در افغانستان و رود بندان در ایران که تغذیه کننده اصلی آب تالاب هامون است شده است (شریفی‌کیا، ۱۳۸۹). همچنین خشکسالی‌های مداوم، کاهش بارندگی و رطوبت نسبی محیط به همراه تشدید فاکتورهای محیطی توسط انسان قسمت‌های خشک شده را تبدیل به نقاط برداشت گرد و غبار کرده است. خشک شدن تالاب باعث سبک شدن خاک منطقه شده و در نتیجه با وزش بادی این خاک به سمت شهرها و روستاهای منطقه سیستان حرکت می‌کند به طوری که در سال‌های اخیر سیستان روزها و هفته‌های

غبارآلود زیادی را تجربه کرده است و در برخی از روزها آلودگی ناشی از این پدیده ۶۰ برابر حد استاندارد گزارش شده است (راشکی، ۱۳۸۹). گردوغبار گذشته از بروز اثرات نامطلوب زیست محیطی و بیماری‌های متعدد در منطقه باعث تخریب اراضی کشاورزی، کاهش دامداری، توسعه بیابان‌ها و افزایش مهاجرت خصوصاً خروج نخبگان از منطقه گردیده است یکی از مهمترین مناطق برداشت رسوبات بادی تالاب هامون صابری می‌باشد. از این رو ضروری است میزان و شدت فرسایش در این مکان و همچنین راه‌های تثبیت آن را مشخص نمود.

۲-۱- اهداف تحقیق

- ۱- تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ارتباط آن با فرسایش پذیری؛
- ۲- تعیین میزان فرسایش بادی در منطقه برداشت هامون صابری؛
- ۳- پهنه‌بندی حساسیت به فرسایش بادی در بستر هامون صابری.

۳-۱- سؤالات تحقیق

- ۱- کدام خصوصیات خاک در کف بسترهامون صابری تأثیر بیشتری در شدت میزان فرسایش‌پذیری خاک دارد؟
- ۲- توزیع مکانی فرسایش‌پذیری خاک در منطقه چگونه است؟
- ۳- کدام روش جهت تثبیت و پایداری خاکدانه‌ها با توجه به خصوصیات خاک مناسب‌تر است؟

۴-۱- فرضیات تحقیق

- ۱- تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ارتباط آن با فرسایش‌پذیری؛
- ۲- تعیین میزان فرسایش بادی در منطقه برداشت هامون صابری؛

۳- پهنه‌بندی حساسیت به فرسایش بادی در بسترهامون صابری.

۵-۱ کلیات

۱-۵-۱-۱ فرسایش بادی

فرسایش^۱ فرایند نابودی تدریجی رویه یک ماده است. فرسایش که به فرانسه و انگلیسی Erosion گفته می‌شود از کلمه لاتین Erodere به معنای سائیدگی گرفته شده و عبارت است از فرسودگی و از بین رفتگی تدریجی و مداوم خاک سطح زمین (انتقال یا حرکت آن از نقطه‌ای به نقطه دیگر در سطح زمین) توسط آب، باد و نیروی ثقل. فرسایش بادی یک پروسه منفی طبیعی و غیرطبیعی است که در مناطق خشک، نیمه خشک و مناطق سیلاب زده رخ می‌دهد و در این صورت خاک تخریب گردیده زمین حاصل خیزی خود را ازدست می‌دهد. گیاهی نمی‌روید و محل به صحرا مبدل می‌گردد در این مناطق در تابستان رطوبت هوا خیلی کم می‌گردد. آبی که در زیر ریشه نباتات وجود دارد بر اثر گرمی هوا تبخیر نموده نباتات خشک می‌گردد و می‌میرند.

۱-۵-۱-۱-۱ عوامل ایجاد فرسایش بادی

مهمترین عوامل آب و هوایی که در فرسایش بادی تأثیر دارند عبارتند از: بارندگی، درجه حرارت و باد، کمبود رطوبت و بارش در یک منطقه سبب از هم گسیختگی و پیوندهای سست در خاک شده و در نتیجه مستعد فرسایش بادی می‌گردد درجه حرارت با افزایش تبخیر، میزان رطوبت خاک را کم می‌کند و با کم شدن رطوبت خاک فرسایش بادی فعال می‌گردد. به همین سبب است که بادهای شدید و طوفانی مخصوصاً در نواحی گرم و خشک یکی از مهمترین عوامل مؤثر در فرسایش می‌باشد. چون تغییرات زیاد درجه حرارت سبب فرسوده شدن سنگ‌ها می‌شود که در نتیجه به وسیله باد حمل می‌شوند. مهمترین عامل درصد رطوبت خاک است. زیرا خاک مرطوب از این حیث مصون است عوامل دیگر عبارتند از: سرعت باد، وضعیت قسمت سطحی خاک و خصوصیات کلی خاک (مثل اندازه‌ی

1- Erosion

ذرات، مواد آلی، رس، رطوبت و غیره) که در تسریع و تسهیل فرایند فرسایش نقش دارند (رفاهی، ۱۳۸۳).

۲-۱-۵-۱- اثرات فرسایش بادی بر خاک

در اثر بادهای شدید ذرات خاک به صورت معلق به فواصل دور منتقل می‌شوند و ذرات درشت‌تر به صورت جهشی معمولاً تا موانع موجود در سر راه حرکت می‌کنند. ذرات درشت یا در جای خود باقی می‌مانند و یا تا فاصله کمی حرکت می‌کنند. به این ترتیب بافت خاک به تدریج تغییر یافته و درشت می‌شوند. به عبارتی از اثراتی که فرسایش، به خصوص فرسایش بادی بر خاک می‌گذارد تغییر بافت خاک به مرور زمان است (Chepil, 1946). انتقال املاح نمک‌ها و شور شدن اراضی مجاور زمین‌های شور از دیگر اثرات فرسایش بادی بر خاک می‌باشد. بنابراین نباید مسئله حفاظت و حراست از خاک را کوچک شمرد. امروزه حفاظت و مبارزه با فرسایش از ضروری‌ترین اقداماتی است که در هر کشور بایستی به آن توجه خاص مبذول داشت توجه جهانی به برنامه‌های حفاظت خاک نیز دلیلی بر این مدعا می‌باشد (هادسون، ۱۳۷۲). علاوه بر این فرسایش بادی سبب فقیر شدن خاک از مواد آلی و مغذی برای رشد گیاه می‌شود با انتقال نمک از اراضی شور سبب شور شدن خاک سایر مناطق می‌گردد.

۱-۲-۱-۵-۱- اثرات زیست محیطی فرسایش

فرسایش خاک یک معضل برای کشاورزی در نواحی استوایی و نیمه خشک می‌باشد و به علت اثرات دراز مدتش بر روی حاصلخیزی خاک و کشاورزی پایدار، از اهمیت زیادی برخوردار است. فرسایش همچنین فرسایش آبی و بادی سبب ایجاد عوارضی از قبیل: کاهش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی می‌شود (Deividetal, 2003). و با رسوبگذاری، آلودگی و تشدید سیلاب‌ها باعث وارد آمدن صدمات محیطی می‌شود. فرسایش خاک از مهمترین معضلات زیست محیطی، کشاورزی و تولید غذا در جهان است که تأثیرات مخربی بر زیست بوم‌های طبیعی و تحت مدیریت انسان دارد. هرچند فرسایش خاک در طول تاریخ وجود داشته، ولی در سال‌های اخیر به دلیل کاربری نامناسب اراضی شدت یافته است. امروزه فرسایش خاک به عنوان خطری برای انسان‌ها و حتی برای حیات وحش به

شمار می‌آید. این پدیده، نتیجه فرایندهای پیچیده‌ای است که در بر گیرنده تعداد زیادی از متغیرها مانند بارش، خاک، توپوگرافی، پوشش گیاهی و عملیات حفاظتی می‌باشد (Sadeghi&Singh, 2005). فرسایش نه تنها سبب فقیر شدن خاک‌ها و لم یزرع شدن اراضی و کاهش تولید می‌شود، بلکه با رسوبگذاری خاک‌های فرسایش یافته در آبراهه‌ها، مخازن سدها، کانال‌های آبیاری و زهکش، بنادر و غیره از عمر مفید آنها کاسته شده و در نتیجه موجب مضاعف شدن خسارات می‌شود.

۲-۱-۲-۱-۵ اثرات اجتماعی، اقتصادی فرسایش

وقوع طوفان‌های شدید در منطقه سیستان اثرات منفی را به همراه داشته که فرایند نهایی آن تخریب اکوسیستم منطقه بوده است (جهانتیغ، ۱۳۷۶). از حیز انتفاع خارج شدن زمین‌های زراعی و همچنین کاهش محصول در واحد سطح از مهمترین خسارات فرسایش بادی در منطقه محسوب می‌شود. با کاهش کمی و کیفی محصولات کشاورزی، اقتصاد منطقه متلاشی و زمینه مهاجرت بهره‌برداران به سایر مناطق از جمله شهرها فراهم گردیده است. زندگی حاشیه نشینی در شهرها، باعث بروز مشکلات اقتصادی و اجتماعی می‌گردد که این پدیده، امنیت شهرها را تهدید و زمینه‌ساز ناهنجاری‌های اجتماعی می‌باشد. فرسایش بادی یکی از محدودیت‌ها و موانعی است که در روند بهره‌برداری از عرصه‌های کشاورزی و منابع طبیعی دنیا وجود دارد. میانگین فرسایش خاک در دنیا سالانه بین ۲ تا ۳ تن ولی در کشور ما به علت بهره‌برداری غیراصولی بین ۱۵ تا ۲۰ تن در هکتار برآورد شده است. از لحاظ وسعت نیز عرصه‌های کشور ما بیش از متوسط جهانی تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارد. به طوریکه حدود ۲ درصد از مناطق خشک دنیا (۲۳۵/۲ میلیون هکتار) در معرض فرسایش بادی است ولی ۱۲ درصد ایران (حدود ۲ میلیون هکتار) متأثر از این فرسایش بادی است. در طول ۲۰ سال گذشته، شمار کانون‌های بحران فرسایش بادی در کشور از ۲۲ به ۴۰ و میزان فرسایش نیز ۴۰۰ درصد افزایش یافته است. فرسایش بادی اثرات اجتماعی و اقتصادی متعددی همانند از بین رفتن زمین‌های مستعد، کاهش محصولات کشاورزی و دامی، مدفون شدن کانال‌های آبرسانی، جاده‌ها، تأسیسات زیربنایی، مناطق مسکونی در زیر شن‌های روان، کاهش عمر مفید ادوات، ماشین‌آلات، افزایش بیماری‌های

تنفسی، پوستی، چشمی، قلبی، روحی و روانی، تخریب محیط زیست، مختل شدن فعالیت‌های روزانه و تعطیلی ادارات بازار و مکان‌های آموزشی و مهاجرت روستائیان به شهرها و افزایش چالش‌های اجتماعی می‌باشد (کردوانی، ۱۳۶۹). در بسیاری از مناطق این خسارات زمانی پدید می‌آید که خاک از پوشش گیاهی خارج شده باشد (حق‌پناه و علیزاده، ۱۳۶۸). کمبود باران اولین مشکل در ایجاد فرسایش بادی است که به صورت خشکسالی بروز میکند و به دلیل وابستگی بخش کشاورزی به آب اولین بخشی است که تحت تأثیر قرار می‌گیرد. خشکسالی یکی از بلایای طبیعی است که خسارات زیادی به زندگی انسان و اکوسیستم‌های طبیعی وارد می‌کند و با دیگر حوادث طبیعی از قبیل سیل، طوفان و زلزله تفاوت‌هایی دارد. عمده‌ی این تفاوت‌ها در تأثیر تدریجی خشکسالی طی یک دوره‌ی نسبتاً طولانی عدم امکان تعیین دقیق زمان شروع و خاتمه و وسعت جغرافیایی اثر آن می‌باشد. از طرفی نبود تعریف دقیق و قابل قبول جهانی به پیچیدگی و سر در گمی این پدیده افزوده است. خشکسالی پدیده‌ای است که حتی بیشتر از بقیه بلایای طبیعی بر زندگی بشر تأثیر گذاشته و به همان اندازه پیچیده‌تر از دیگر بلایای طبیعی می‌باشد (Wilhite & Glantz, 1985). پالمیریک از جامع‌ترین تعاریف خشکسالی را ارائه نموده است. به عقیده‌ی پالمیریکسالی عبارت است از کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی که از جمله مشخصه‌های آن تداوم (DURATION)، شدت (Severity) و بزرگی (Magnitude) می‌باشد. که شدت و تداوم خشکسالی در ویژگی اولیه و بزرگی ویژگی ثانویه (آتشی و همکاران، ۱۳۸۹). در یک تقسیم‌بندی کلی نیز اثرات خشکسالی را می‌توان به اثرات فیزیکی، زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی تقسیم نمود (علیمحمدی، ۱۳۸۱).

۲-۵-۱ فرسایش پذیری خاک

فرسایش پذیری خاک مفهومی پیچیده است که به عوامل بسیار متعددی بستگی دارد که در مناطق خشک می‌تواند عوامل فیزیکی و شیمیایی مانند دانه‌بندی خاک، شوری، نسبت سدیم جذب سطحی و کربنات‌های خاک را شامل شود (دهج و همکاران، ۱۳۸۹). فرسایش‌پذیری را می‌توان آسیب‌پذیری خاک نسبت به فرسایش تعریف و به دو قسمت تقسیم کرد. اول فرسایش‌پذیری که مربوط به

خصوصیات اصلی و ذاتی خاک مثل ترکیبات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی آن بود، که قابل اندازه‌گیری در آزمایشگاه می‌باشد. دوم فرسایش‌پذیری است که به طرز رفتار با خاک با مدیریت مربوط می‌شود.

۱-۲-۵-۱ عوامل مؤثر در فرسایش‌پذیری بادی خاک

مهمترین عوامل که در پدیده‌ی بادکنده‌ی خاکندگی دخالت دارند عبارتند از میزان رطوبت، وضعیت سطح زمین (زبری)، سختی خاک و اندازه‌ی دانه‌های خاک می‌باشد. خاک‌های مناطق خشک در مقابل عوامل فرساینده به دلیل کمبود مواد آلی و کلوئیدی آسیب‌پذیرند. با افزایش میزان خاک در طی زمان، میزان فرسایش در مکان نیز افزایش می‌یابد. نکته قابل توجه این‌که میزان فرسایش در سطح زبر و با خاکدانه‌های درشت‌تر عملاً می‌بایست کمتر از میزان فرسایش در سطح صاف باشد. میزان زبری خاک موجب کاهش فرسایش بادی می‌شود در واقع هرچه مقدار زبری خاک بیشتر باشد میزان فرسایش بادی کمتر است. به طور کلی، خصوصیات مانند ثبات دانه‌بندی ذرات خاک، میزان مواد آلی و درصد ذرات خاک همگی در فرسایش‌پذیری خاک بوسیله باد مؤثر هستند.

۱-۲-۵-۳ سرعت آستانه فرسایش بادی

موقعی فرسایش بادی رخ می‌دهد که سرعت باد به حدی برسد که بتواند ذرات را با خود حمل کند. این سرعت را سرعت آستانه فرسایش بادی می‌گویند سرعت آستانه فرسایش بادی در واقع سرعت بادی است که قادر به حمل ذرات خاک می‌باشد. به عبارت دیگر کمترین سرعت باد که موجب جابجایی یا حرکت اولین ذرات خاک می‌گردد سرعت آستانه‌ی فرسایش بادی گفته می‌شود.

۱-۲-۵-۳-۱ عوامل مؤثر در سرعت آستانه‌ی حرکت ذرات

مهمترین عوامل مؤثر در سرعت آستانه‌ی حرکت ذرات عبارتند از: اندازه‌ی ذرات، به هم خوردگی سطح، شکل ذره، مالج، عوارض کوچک سطح زمین و سله، اثر اندازه‌ی ذرات را از نظر تأثیرشان در این سرعت می‌توان به شرح زیر تقسیم نمود.

۱- ذرات ریز (کوچکتر از ۰/۱ میلی‌متر قطر)

۲- ذرات درشت (بزرگتر از ۰/۱ میلی‌متر قطر)

۳- مخلوط ذرات ریز و درشت

مقایسه قطر ذرات با سرعت لازم جهت به حرکت درآوردن آنها نشان می‌دهد که میزان سرعت با کاهش قطر کاسته شده ولی این مقدار پس از رسیدن به یک حداقل مجدداً صعود می‌کند. با افزایش ارتفاع، سرعت باد افزایش می‌یابد به طوری که معادله‌ی توزیع سرعت باد از سطح زمین از یک معادله توانی پیروی می‌کند (Bagnold, 1973).

$$V_2 = V_1 (h_1/h_2)^{1/6} \text{ یا } 1/7 \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$V_1 = \text{سرعت باد در ارتفاع اولیه}$$

$$V_2 = \text{سرعت باد در ارتفاع مورد نظر}$$

$$H_1 = \text{ارتفاع اولیه}$$

$$H_2 = \text{ارتفاع مورد نظر}$$

توان معادله از ۱/۶ تا ۱/۷ متغیر می‌باشد و بستگی به ناهمواری سطح زمین دارد.

۴-۵-۱ باد

به حرکت قائم اتمسفر به صورت بالارونده و یا فرونشینی باد گفته می‌شود. باد تابع فشار است (علیجانی، ۱۳۷۷). لذا تغییرات فشار در فضا، بادهای مختلف را ایجاد می‌کند. اتمسفر مخلوطی از مولکول‌های گازی است که ارتباط کمی باهم دارند و دائماً متحرکند و در نتیجه در بین خود و یا با سطح مجاور خود برخوردهایی دارند (مقیم، ۱۳۸۵). باد عامل اصلی فرسایش در مناطق خشک به شمار می‌رود که تخریب یا عدم وجود پوشش گیاهی باعث تشدید آن می‌شود. تخریب و حمل در اثر فرسایش بادی ناشی از اثر متقابل چندین عامل است که برخی در جهت و حرکت خاک، و برخی در جهت اصلاح و نگهداری آن نقش دارند. برای شروع فرسایش بادی لازم است خاک ساختمان و تراکم خود را از دست بدهد تا باد قادر به حمل ذرات آن باشد. هنگامی که تعادل حرارتی هوا به علت یکسان نبودن نقاط مختلف زمین از نظر گرم شدن به هم می‌خورد جریان هوا شروع شده و باد تولید می‌شود. اگر باد وجود نداشته باشد هرچقدر ماسه در منطقه وجود داشته باشد تپه‌های ماسه‌ای تشکیل نخواهند

شد. بنابراین در صورت مهیا بودن سایر عوامل، تپه‌های ماسه‌ای در محیطی که انرژی باد زیادتر باشد بزرگتر از تپه‌های ماسه‌ای است که در محیطی با انرژی کمتر باد به وجود می‌آید (احمدی، ۱۳۸۵).

۱-۴-۵-۱ بادهای ایران

۱- بادهای شمال غربی

۲- بادهای جنوب شرقی

۳- بادهای شمال شرقی

بادهای شمال شرقی سهمناک‌ترین باد ایران بوده و مشهور به بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان است. سرعت وزش این باد به ۱۲۰ کیلومتر در ساعت نیز می‌رسد و در فصل گرم سال جریان پیدا می‌کند. این باد سبب فرسایش شدید و حرکت شن‌های روان می‌گردد. در اثر این باد تبخیر در همه جا به شدت صورت گرفته و مقدار شوری خاک به طور نسبی بالا می‌رود (احمدی، ۱۳۸۵). بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان در دوره‌ی گرم سال به مدت ۱۲۰ روز از ارتفاعات شمال غربی ایران به سرزمین‌های جنوب شرقی ایران می‌وزد. این بادهای جنوبی البرز بسیار مطبوع و خنک است، اما پس از عبور از بیابان‌های خشک دشت کویر و دشت لوت بسیار گرم و خشک می‌شود به طوری که در سیستان و بلوچستان پوشش گیاهی را از بین می‌برد و خسارات جبران‌ناپذیری را ببار می‌آورد. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان معروف به بادهای لوار، دنباله بادهای موسمی هندوستان است و از طریق افغانستان و خصوصاً در بیابان تار این کشور قدرت یافته و یا عبور از نواحی کم ارتفاع افغانستان چون دشت نا امید وارد ایران می‌شود. جهت وزش آنها در زابل به غلط شمال شرق- جنوب غرب ذکر گردیده است (علیجانی، ۱۳۷۷). باتغییر الگوی فشار در زمستان، این باد هم از بین می‌رود. زمان شدیدترین و بیشترین بادهای دوماه تیر و مرداد تعیین می‌شود که تقریباً ۸۰ درصد از بادهای وزیده شده در این ماه‌ها سرعتی بیش از ۵ متر بر ثانیه دارند.

۲-۴-۵-۱-سرعت و جهت باد

مهمترین خصوصیات باد، سرعت و جهت آن می‌باشد. عوامل مختلف در سرعت و جهت باد مؤثرند که مهمترین آنها عبارتند از: فصول شبانه‌روز، توزیع خشکی‌ها و دریاها، کوهستانی بودن منطقه و وجود درختان و ساختمان‌ها، در فرسایش بادی عامل اصلی، سرعت حرکت باد است، ذرات خاک به وسیله باد حمل می‌شوند زیرا باد دارای انرژی است، برای شروع حرکت ذراتی در قطر معادل میلی-متر سرعت باد باید در حدود ۱۶ کیلومتر در ساعت در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر سطح باشد. تنها بادهای نیرومند فعالیت سایش دارند لذا سرعت باد بیش از فراوانی آن اهمیت دارد. در کنترل فرسایش بادی به غیر از شناسایی بادهای غالب شناسایی شدیدترین و فرساینده‌ترین بادهای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (رفاهی، ۱۳۷۸). ارتفاع استاندارد برای اندازه‌گیری سرعت و جهت باد، ارتفاع ۲ متری از سطح زمین است. از آنجا که سرعت باد در سطح زمین و تا چند متر بالاتر از آن به مقدار قابل توجهی تغییر می‌کند، داشتن ارتفاع اندازه‌گیری اهمیت دارد. واحد سنجش سرعت باد متر بر ثانیه یا کیلومتر در ساعت و یا حتی گره^۱ در ساعت می‌باشد (هرگره برابر ۲۴۸۶ / ۱۸۵۳ متر است).

انتقال مواد به وسیله بادهای شدید یک رویداد معمولی در خیلی از مناطق جهان به خصوص در محیط‌های خشک و نیمه خشک است. در این رویداد، ضخامت ابرهای گرد و غبار به ۳۰۰ متر می‌رسد و مواد تا صدها کیلومتر برده شده و سطوح وسیعتر از ۵۰۰۰۰۰ کیلومتر را می‌پوشانند (Gudie, 1983).

۳-۴-۵-۱-اشکال حرکت ذرات در جریان باد

ذرات خاک و خاک‌دانه‌های با قطر کوچکتر از ۰/۰۵ میلی‌متر (اندازه سیلت و کوچکتر) در جریان کلی هوا قرار گرفته و در اثر تلاطم جریان هوا به حالت معلق در می‌آیند که ممکن است فاصله‌ی زیادی را به حالت تعلیق حرکت کنند. برای ذرات کمتر از ۰/۱ میلی‌متر به موازات سطح زمین حرکت می‌کنند و سپس به سمت بالا منتقل می‌شوند و به حالت تعلیق در می‌آیند. مثلاً ذرات به قطر

1- knot