



مسائل مربوط به جابجایی شن و ماسه و ذرات ریز (گرد و خاک) بوسیله باد در سرزمین‌های خشک و کم آب

دکتر محمد رضا ثروتی

دانشیار دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی تهران

محمدرضا یوسفی روشن

دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی گرایش ژئومورفولوژی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

جابجایی شن و ماسه و ذرات ریز (گرد و خاک) بوسیله باد در بسیاری از محیط‌های زیستی رخ می‌دهد، اما این پدیده بصورت پرقدرت‌تر و در مقیاس وسیع‌تری در سرزمین‌های خشک و کم آب رخ می‌دهد و مهم‌ترین مسائلی که سرزمین‌های خشک با آن درگیر هستند، به همین پدیده برمی‌گردد. به منظور در امان ماندن ساختمان‌ها، زمین‌های زراعی، خطوط لوله و شبکه‌های حمل و نقل از خطر طوفان شن و دفن شدن در میان ذرات ریز خاک و شن، ایجاد و توسعه‌ی ابزارهای کنترل و مقابله با این پدیده‌ی طبیعی ضروری می‌نماید. نواحی شهری در سرزمین‌های خشک می‌توانند بخودی خود موانعی بر سر راه انواع جابجایی ذرات شن و ماسه و گرد و خاک معلق در باد باشند. در یک توجه مساوی می‌توان دریافت که تمرکزگرایی در مناطق خشک و صحرایی وابسته به منابع آب زیرزمینی، زمین‌های قابل کشت محدود می‌باشد که همین خصوصیات باعث تحت فشار قرار گرفتن زمین بر اثر تمرکزگرایی و جذب جمعیت در پیرامون سکونت‌گاه‌ها می‌شود. از این رو، اکوسیستم صحرا در نواحی نزدیک به نواحی شهری بیشتر در معرض آسیب قرار می‌گیرند. در نتیجه زندگی نباتی در معرض نابودی قرار گرفته، ساختار خاک آسیب می‌بیند. بنابراین حجم جابجایی ماسه و ذرات ریز خاک افزایش پیدا کرده و مشکلات و مسائل ناشی از باد در حجم و مقیاس بزرگتری خود را نشان می‌دهند. در این حیطه عواملی که باعث بوجود آمدن مسائل مربوط به شن و ماسه و ذرات ریز خاک و تبعات آنها می‌شوند، بسیار وابسته به عواملی هستند که موجبات بیابان زایی را فراهم می‌کنند که بیشترین درصد توجه را اخیراً به خود جلب کرده‌اند. (ای جی پیلور و هانی ۱۹۷۶ سازمان ملل متحد، ۱۹۷۷) کاهش و یا بهبود نتایج ناخوشایند مربوط به جابجایی شن و ماسه و ذرات ریز خاک، نیازمند کسب اطلاعات کافی در مورد خصوصیات طبیعی این گونه جابجایی‌ها، و شناسایی عوامل شتاب دهنده‌ی این فرایند و تلاش برای کاهش کمیت و کیفیت این رخداد‌های طبیعی می‌باشد. بنابراین هدف این مقاله شناسایی خصوصیات طبیعی، شدت و پراکندگی جابجایی شن و ماسه و ذرات ریز خاک بوسیله‌ی باد در سرزمین‌های خشک و همچنین مشکلاتی که تحت تأثیر فرایندهای بادی بوجود می‌آیند می‌باشد، و تمام این اعمال در جهت ابداع مدلی برای شناسایی و مشاهده‌ی جابجایی شن و ذرات ریز خاک است و اینکه چگونه این امکان را بوجود آورد که با تکیه بر اطلاعات بدست آمده، جابجایی ذرات ریز شن و ماسه و خاک و نیز صدمات و خطرات ناشی از فرسایش بادی را به نحو احسن برآورد کرد، و همچنین بتوان

از این طریق با اندازه‌گیری دقیق این جابجایی‌ها را به کنترل درآورد.
واژه‌های کلیدی: شن و ماسه - سرزمین‌های خشک - ذرات معلق - گرد و خاک

فرآیند جابجایی شن و ماسه و گرد و خاک توسط باد

جابجایی شن و ماسه و گرد و خاک توسط باد به عنوان یک فرایند ژئومورفولوژیکی نتیجه‌ی فعل و انفعالات پنج عامل اصلی است: سرعت و قدرت تخریب باد از یک طرف، قدرت تخریب بالقوه‌ی ذرات، جاذبه‌ی مولکولی آنها، و اندازه‌ی قطر ذرات در روی سطح زمین نیز در یک سمت دیگر. بنابراین واکنش‌های انجام شده بین این فرسایش بادی و قابلیت فرسایش سطحی است که مشخص کننده‌ی حرکت یا عدم حرکت و جابجایی ذرات شن و گرد و غبار بر روی آن می‌باشند. پوشش گیاهی نیز بخودی خود عاملی مهم در این جریان می‌باشد و تأثیر خود را از طریق کاهش سرعت باد در نزدیکی سطح زمین می‌گذارد. شن و ذرات ریز خاک (گرد و غبار) از همدیگر متمایزند و مشکلات ناشی از حرکت هر کدام نیز با هم تفاوت دارند. ماسه در اندازه‌هایی بین ۰/۰۸ میلی‌متر تا ۲ میلی‌متر در قطر یافت می‌شوند. در حالیکه که بیشترین طول قطر ذرات ریز گرد و غبار از ۰/۰۸ میلی‌متر، بزرگ‌تر نمی‌باشد. (بگنولد، ۱۹۶۱) ذرات ریز گرد و غبار نسبت به شن سنگینی (جاذبه‌ی مخصوصی) کمتری دارند. (کوارتزشن جرم مخصوص ۲,۶۵ واحد بر سانتیمتر مربع). ذرات ریز گرد و غبار دارای اشکال بی‌قاعد‌های هستند (اغلب پهن) و همین باعث افزایش جاذبه‌ی مولکولی بین آنها می‌شود. از سوی دیگر، شن عملاً چسبندگی ویژه‌ای ندارد. ذرات ریز برای خود به صورت معلق در هوا بحرکت درمی‌آیند با شدت باد نیز شاید به ارتفاعات بالاتری نیز برده شوند. در مقابل شن‌ها به صورت غلطان حرکت می‌کنند و در این حالت آنها در نزدیکی سطح زمین در حرکت غلطان تمرکز می‌یابند. شن‌ها در جهش‌های خود حالتی را نشان می‌دهند که حاصل برخورد آنها با سطح زمین می‌باشد که در آن شن یا به هوا برمی‌گردد یا اینکه به صورت رسوبات در دهانه‌ی آتش‌فشان‌ها و... ته‌نشین می‌شوند. هر دو حالت به این بستگی دارند که ذرات شن بیشتری در جریان هوا وارد شود یا نه؟ نیروی رگبار ذرات جهنده نیز نقش دیگری دارد و آن برخورد با ذراتی است که بر روی سطح زمین به علت قطر زیادشان می‌خزند و یا می‌غلطند. جابجایی شن‌ها بر روی زمین‌های خشک با خاک سست واقع در سطح شن بر روی آستانه‌های سیال روی می‌دهد و حرکت آنها کمترین برخورد را با ذرات دیگر بوجود می‌آورد. (نگاره ۱) ذرات ریز در مقابل با یک جریان



مناطق که بوسیله فعالیت‌های انسانی پوشش و مقاومت خود را از دست داده‌اند نیز همیشه اتفاق می‌افتد. دپارتمان تحقیقات حمل و نقل آریزونا در گزارشی بیان کرد برای مثال مقدار حمل ذرات گل ولای و خاک در زمین‌های فاقد پوشش در اثر باد بین ۵ تا ۵۰ کیلوگرم در سال در هر مایل مربع است. این مداخله‌ها در نواحی دارای پوشش گیاهی که در پیرامون نواحی سکونتگاهی هستند و در نواحی شهری گسترده شده است. بنابراین مشکلات فرسایشی ناشی از فعالیت‌های انسانی می‌باشد، آن دسته که به نابودی پوشش‌های سنگی و گیاهی و خشکی سطوح و... می‌انجامد. با رشد نواحی شهری و از بین رفتن پوشش گیاهی باعث گسترش تلاش کشاورزی برای اصلاح نیازمندی‌های سطوح خشک می‌شود.

فشار بر روی سطوح افزایش یافته و ممکن است که مشکلات ناشی از برداشت بیشتر و بیشتر بشوند. تنوع این فشارها حتی می‌تواند منجر به یکجانشینی ایلات و دام‌ها و ایجاد شرایط دشوار در چرای دام‌ها بشود. توسعه‌ی دامداری تجاری، سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، حفر چاه‌های عمیق و نصب پمپ برای مکش آب جایگزین روش‌های قدیمی برای استخراج آب‌های زیرزمینی شده‌اند. بنابراین چاه‌های کم عمق نیز برای استفاده از آب‌های نیمه سطحی و آبیاری قطره‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. کاهش رطوبت خاک نیز در این تعریف عاملی مهم در چگونگی برداشت ذرات به حساب می‌آید. سرعت هرکدام از این ملاک‌های متغیر تقریباً با معیار رطوبت خاک سطح تحت تأثیر مغایر است. (چپیل، ۱۹۶۳)

۲- مشکلات مربوط به حمل ذرات مشکلات سایش

اگر چنانچه دیواره‌ی ذرات لغزنده به حدود یک متر برسد بیشترین سایش که شن می‌تواند ایجاد کند در ارتفاعی بین ۲۰ تا ۲۵ سانتی متر می‌باشد. (شارپ، ۱۹۶۴) متغیرهای زیادی بر روی قدرت عامل سایش سطوح تأثیر می‌گذارد که می‌توان از این متغیرها: شکل ذرات، اندازه گرایش و جهت حرکت، سختی ذرات، نوع ساختار بستر موادی که در اصطکاک با ذرات هستند را می‌توان نام برد. اندازه، حجم توده، و تیزی گوشه‌های ذرات و عوامل محیطی از قبیل توپوگرافی، ذرات موجود در اطراف ذرات متحرک، پوشش گیاهی و نیز قدرت تخریب باد هم در این فهرست می‌باشند. (کووک و وارن ۱۹۷۳)

کلوخ و ماده‌های دیگر سفت شده‌ی تشکیل شده از خاک نیز ممکن است بوسیله‌ی همین عوامل به اجزای ریزتری مبدل گشته و خاک دچار فقر در ساختار شده و بیشتر و بیشتر در معرض فرسایش بادی قرار بگیرد. (چپیل ۱۹۶۶). همچنین این عمل فرسایشی می‌تواند برای انواع مشخصی از گیاهان بسیار خطرناک باشد. (لیلز و وودروف ۱۹۶۰)

سائیدگی زیرساخت‌ها و تجهیزات شهری بوسیله‌ی مواد حمل شده در فرسایش بادی نیز یکی از پیامدهای مستقیم قابل توجه می‌باشد. درجه قدرت فرسایش سائیدگی همراه با افزایش ارتفاع بیشتر می‌شود، همراه با افزایش ارتفاع حمل ذرات در باد منجر به بالا رفتن ارتفاع فرسایش سائیدگی شده و این عامل باعث می‌شود که حتی جاده‌ها و فرودگاه‌ها و زیرساخت‌های ساخته شده به دست انسان نیز در معرض خطر قرار بگیرند. این فرسایش سائیدگی بر روی مصالح ساختمانی نیز تأثیر می‌گذارد: سطح زاویه‌های

بادی بر روی سطح صاف هر قسمت، با جاذبه‌ی مولکولی بالا حرکت می‌کند، ذراتی که باد توانایی به همراه خود بردن آنها را ندارد. اما در نمایش شن ذرات ممکن است توسط ضربات پرتاب کننده‌ی عواملی نظیر باد به حرکت درآیند. نتیجه‌ی آزمایشات طبقه‌بندی آن شد که تمایز بین شن و ماسه در عملکرد بوجود بیاید، ساختار بادهای سطحی نیز وسیعاً از ذراتی به اندازه‌ی شن ساخته شده‌اند. (کووک و وارن ۱۹۷۳)

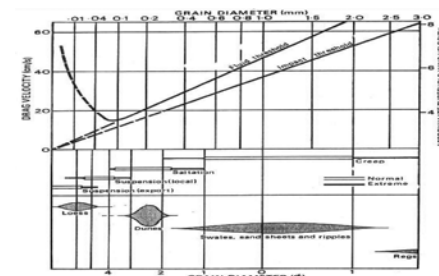
ساختار دقیق ذرات شن و گردوخاک زمانی که در جای دیگر به طور مختصر تعریف شده‌اند دیگر اینجا مورد بازنگری قرار نمی‌گیرند. که به این موضوع نیز در تحقیق کلاسیک بگنولد (۱۹۴۱) چپیل و وودرف (۱۹۶۳) اشاره شده است و همچنین در تحقیقات فرسایش بادی و در سنجش‌های اخیر ژئومورفولوژیکی آمده است. (کووک و وارن ۱۹۷۳ و مابوت ۱۹۷۷)

مشکلات و مسائل جابجایی شن و ذرات ریز خاک

مشکلات مربوط به جابجایی شن و ذرات ریز می‌تواند در معیارهای سه فرآیند بادی بنیادی طبقه‌بندی شود و مورد آزمایش قرار بگیرد: تقلیل ارتفاع ذرات، حمل و نقل و رسوب‌گذاری.

۱- مشکلات مربوط به برداشت ذرات

برداشت، از جاکندن ذرات شن و خاک بوسیله‌ی باد از سطوح بیابانی، به این علت مشکل است که باعث تهی شدن واز بین رفتن برخی از مهم‌ترین اجزای سازنده‌ی خاک می‌شود. مانند لای و خاک رس و سایر عناصر اصلی موجود در ساختار خاک‌ها که بعد از فعالیت آنها سطح زمختی از سطوح فرسایش یافته، کاهش سطح باروری خاک، و کم شدن ظرفیت نگهداری آب رخ می‌نمایند. به علاوه ساختار زمین در سطوح بیابانی به گونه‌ای است که بطور سریع تجدید نمی‌شود و همین باعث می‌شود که برداشت ذرات در این نواحی همیشگی باشد. از طرف دیگر مشکلاتی نظیر سستی و روانی خاک مشکلاتی در برپاکردن تیرهای تلگراف، برق و خطوط لوله‌ی زیرسطحی راه‌آهن و حتی جاده‌ها... را نیز موجب می‌شود که این‌ها می‌تواند باعث نابودی زیرساخت‌ها بشود. برداشت یک فرآیند طبیعی است اما ایجاد یک ناحیه‌ی صاف با بادهای نیرومند را رهبری می‌کند.



نگاره ۱: رابطه‌ی بین اندازه‌ی قطر ذرات، سستی و سیال بودن خاک، اجزای تشکیل دهنده‌ی مدل‌های حمل بادی، و اشکال مختلف شن‌های بادی از

قبیل مقایسه‌های پوشش سنگی، نمکزارها و یا پوشش گیاهی. (بعد از بگنولد، ۱۹۴۱ ریالفلوک ۱۹۷۱ و کاری از مابوت ۱۹۷۷)

فقط در جاهایی که مقاومت پوشش وجود ندارد مانند جاده‌های بدون پوشش سنگی و ریگزارها، برداشت یک مشکل محسوب می‌شود. اما برداشت در



که مشکلاتی را برای بهسازی و نگهداری خانه‌ها ایجاد می‌کند، و آلودگی مواد غذایی و آب آشامیدنی. برای مثال کلمنت و همکارانش در سال ۱۹۶۳ گزارش دادند که بادهای حامل گرد و غبار و ذرات خاک برای سیم‌ها و تجهیزات شرکت مخابرات کالیفرنیا مشکلات متعددی را به بار می‌آورند.

ب) رایج‌ترین مشکلات ته‌نشینی شن مربوط به ته‌نشینی حاصل از انتقال توده‌ای ذرات شن در بسترها می‌باشد. حرکت ریگ و ذرات درشت غالباً موانع و پدیده‌های شهری را در معرض خطر دفن شدن قرار می‌دهند که این خطر برای جاده‌ها، راه‌آهن، باند فرودگاه‌ها، خطوط لوله، مزارع و باغها بالخصوص وجود دارد. گذشته از ریگ و سنگریزه‌ها می‌توان به علائم و خصیصه‌های فرسایشی بیشتری به نام "draa" اشاره کرد که تأثیرات مشابهی با سنگریزه‌ها دارند اما در حرکت نسبت به سنگریزه‌ها سرعت بسیار کمتری دارند.

از نتایج معمول مربوط به ته‌نشینی ذرات و دست‌اندازی آنها بایر شدن زمین، کاهش ظرفیت کاربری زمین، و شکست در ارتباطات و کاهش نفوس (جمعیت) را می‌توان نام برد. شهرک اینسلا در صحرای الجزایر مثال خوبی را برای ما فراهم کرده است: ساکنان این منطقه همیشه در حال رویارویی با دست‌اندازی شن هستند که تهدیدی جدی برای درختان نخل به حساب می‌آید. و برای کاهش اثرات طوفان‌های مستمر شن دست به ساخت حصارهایی با ساقه‌ی نخل زده‌اند. روش‌های کنترل آنها به کار گرفته شد اما متأسفانه ناچیز و غیرقابل کفایت بود، حصارهای آنها غالباً آشنابه در جای خود مستقر شده بود. حصارها بسیار کوتاه و درعین حال نادرست جاگذاری شده بودند و یا اینکه بیش از حد به واحه‌های (مکانی آباد در دل صحرا) آنها نزدیک بودند. در نهایت مشابه مناطق دیگر صحرای الجزایر بر روی حاشیه‌های این دریای شن، ساکنان این مناطق هنگامی که دریافتند که سکونت در این منطقه برای آنها به وضوح بسیار گران تمام خواهد شد شاید مجبور به ترک محیط شوند. مشابه همین مهاجرت‌ها در ایران نیز گزارش شده است. (اداره محیط زیست ایران، ۱۹۷۷)

برای تأسیس زیرساخت‌ها در نواحی شهری مهندسان و طراحان علاوه بر توجه به ذرات حمل شده در باد (بار باد) در مقاومت و امنیت ساختمانها و ساکنان، باید به جابه‌جایی ذرات و گرد و غبار به وسیله باد نیز توجه کنند. این ذرات ریز، زیرساختها را دچار فرسایش می‌کنند، و واکنش بین باد و ساختمانها می‌تواند زمینه را برای نفوذ ذرات به ساختمانها و تجمع ذرات در محل فراهم کند. گردباد در مناطقی که گردباد و بادهای شدید در آنها رخ می‌دهد نتایج ناگواری در زمینه رفاه عمومی، محیط زیست، و تردد به بار می‌آورد. مکانهای مناسب برای تجمع ذرات شن و گرد و غبار در جریان هوا در مناطق مختلف می‌تواند موجب انسداد جاده‌ها و مسیرها، دفن شدن گیاهان کم ارتفاع و تجاوز به نواحی مسکونی بشود. خطوط ارتباطی در مقابل جابجایی شن و مخصوصاً به وسیله جابجایی سنگریزه‌ها بر روی جاده‌ها صدمه می‌بینند؛ برای مثال: در خلاف مسیر حرکت سنگریزه‌ها شاید نیاز به احداث مسیر انحرافی و یا نیازمند ابزارهای هزینه بر شن زدایی باشد. و همچنین در این راستا دقت فراوانی از جانب رانندگان خودروهای دو دیفرانسیل طلبیده می‌شود. بعضی از ساختارها مانند برخی جاده‌ها و راه آهن‌ها دارای سیستم خودکار شن‌زدایی بر روی مسیرهای خود هستند. اما

بیشتر از ۵۵ درجه در معرض مستقیم باد دائمی امکان دارد که دچار سوراخ و حفره شوند. با این حال هم سطوح تیز مسطح ممکن است که به سطوح خمیده‌ای با خطوط موازی و شیارهای یکنواخت تبدیل شوند. تیرهای خطوط تلفن و تلگراف ممکن است در جای خود مورد بادزدگی همراه با ذرات شن پایه‌های خود قرار بگیرند. شیشه‌ها نیز شفافیت خود را بر اثر برخورد ذرات حمل شده توسط باد از دست می‌دهند، اول در آنها حفره ایجاد شده و بعد در فصول سرد بر روی آنها شبنم می‌نشیند. (شاید منظور ترک خوردن باشد). حتی شیشه‌های جلوی ماشین ممکن است آسیب ببینند. (البته زمانی که ماشین در حال حرکت باشد)، رنگ ساختمان‌ها به راحتی از بین می‌روند. مخارج نگهداری و تجهیز تأسیساتی افزایش پیدا می‌کند. تجهیزاتی مانند ژنراتورها دچار فرسودگی در رنگ پیستون‌های خود می‌شوند، به سیلندرها و دیگر بخشها صدمه می‌رسد و متحمل خسارت می‌شوند. فیلترهای هوا بایست زود به زود تعویض شوند. در نتیجه طوفانی که در تاریخ ۲۷ دسامبر ۱۹۵۳ در کالیفرنیا رخ داد یک شرکت بیمه به تنهایی در مورد خسارت به شیشه پنجره‌ها و فعالیت‌های انسانی ۱۲۰۰ مورد درخواست خسارت ثبت نموده که دریافت مطالبه خسارت آن بالغ بر ۱۶۵۰۰۰ دلار آمریکا بود. (کلمنت و دیگران ۱۹۶۳)

میدان دید و دیگر مشکلات

طوفان‌های شن حوادث طبیعی هستند که معمولاً در بیابان‌ها رخ می‌دهند. و ممکن است اندازه آنها در برخی مواقع فضایی برابر ۲۵۰۰ کیلومتر مربع را حتی با در نظر گرفتن اندازه کوچک ذرات شن پوشش دهند (ایدزو، ۱۹۷۶). مطالعه بر روی انتقال ذرات به مسافت طولانی به وسیله گودی مورد بازنگری قرار گرفت (۱۹۷۸). مسائل و مشکلات مربوط به طوفان شن شامل: شیوع بیماریها به واسطه انتقال عوامل بیماری‌زا و تلف شدن دام‌ها، افزایش الکتریسیته ساکن، قطع و اختلال در امواج رادیویی، خدمات تلفن و تلگراف، اختلال در حمل و نقل، خسارت به املاک و صدمه به بهداشت انسانی می‌شود (ایدزو ۱۹۷۶، مورالز ۱۹۷۷، ۱۹۷۹). اما مشکل عمده‌ای که بیشترین سطح نگرانی و توجه را به خود جلب کرده است، مربوط به فراگیری طوفان و کاهش سطح دید است که این مسأله به ویژه در صنعت حمل و نقل حائز بیشترین اهمیت است. تحت تأثیر همین عامل ممکن است پروازهای ورودی و خروجی فرودگاه‌ها با اختلال و تأخیر مواجه شوند (و در این مکانها ممکن است بر اثر ترمز، خطر انحراف هواپیماها از باند وجود داشته باشد). در این مورد می‌توان مشکلاتی که در فرودگاه شارجه و بحرین در خلیج فارس رخ داد را مثال زد (هاوسمن، ۱۹۶۱). کلمنت و همکارانش در سال ۱۹۶۳ طوفانهای شن و گرد و غبار در صحرای موجاوه (کالیفرنیا) را این گونه شرح دادند که میدان دید ماشین‌ها به حدی کاهش پیدا می‌کرد که باعث ترافیک‌های سنگین و حتی توقف ماشین‌ها در این مسیر می‌شد.

۳. مشکلات مربوط به رسوب‌گذاری (ته‌نشینی)

الف) مشکلات مربوط به گردوغبار و ته‌نشینی آنها در سرزمین‌های خشک شامل موارد زیر می‌شود: دفن و یا از بین بردن گیاهان جوان و کم ارتفاع، صعب‌العبور شدن گذرگاه‌ها و جاده‌ها، نفوذ ذرات گردوغبار در خانه‌ها



تشخیص و ارزیابی مشکلات ۱. مقدمه

ارتباط متقابل بین قدرت فرسایشی باد و قابلیت فرسایش سطوح، زمان و مکان وقوع جابه جایی شن و گرد و خاک را مشخص می کند، حرکتی که ممکن است با یک تغییر در شرایط پایدار، مثبت یا منفی در یک یا چند متغیر آغاز شود. (متغیرهایی که در جدول شماره ۱ آمده اند)

۱) قدرت فرسایش، مطالعات تجربی و تئوریک نشان داده اند که قدرت فرسایشی باد وابسته به طیف زیادی از خصوصیات و معیارهای اتمسفری در رویه ای بسیار پیچیده است. عموماً فرسایش از نظر فضایی و زمانی بر طبق پراکندگی منطقه ای و محلی رژیم باد تغییر پیدا می کند. مهمترین متغیرهای باد شامل سرعت باد، جهت باد، بسامد، دوره و شدت تندبادها (مقرر در منحنی بادها و کشش یکنواخت ناپایدار باد)، تغییرات آشفتگی قائم (کنترل شده به وسیله طبقه بندی دما و زبری سطح) می شوند. از این رو یک ارزیابی درست از قدرت فرسایشی به دسترسی از گزارشات دقیق عملکرد باد وابسته است.

جدول ۱: متغیرهای مهم در سیستم فرسایش باد: زمانی فرسایش بادی کاهش پیدا می کند که معیارهایی که جلوی آنها علامت مثبت قرار داده شده بالاتر بروند و متغیرهایی که جلو آنها منفی قرار داده شده کاهش پیدا کنند. (اصلاح شده از کوک و دورنکمپ، ۱۹۷۴)

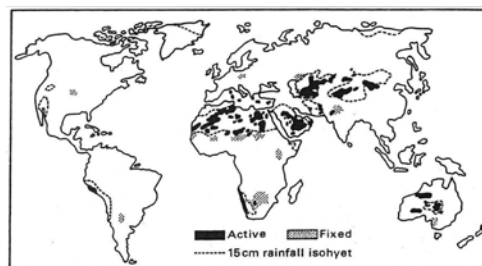
قابلیت فرسایش		قدرت فرسایش
متغیرهای سطح	متغیرهای خاک و شن	متغیرهای بادی
پوشش گیاهی - سکونت +	اندازه ذرات - +	سرعت -
ارتفاع +	کلوخ و جاذبه ویژه مولکولی آنها +	تکرر -
جهت گیری +	سایش پذیری -	دوره زمانی -
گنجایش +	قابلیت جابه جایی -	حجم -
همواری +	مواد اصلی +	برش -
پوشش +		تلاطم -
خاک و رطوبت +		
ناهمواری سطح +		
طول سطح - (فاصله از پناهگاه) -		
شیب سطح +		

متأسفانه اینگونه گزارشات به صورت جهانی و فراگیر در مورد سرزمین های خشک در دسترس نیست، در نتیجه تعمیم دهی و درون یابی بایستی با اتکا به قضاوت در مورد قابلیت فرسایش سرزمین های خشک در اقصی نقاط دنیا صورت بگیرد، این عمل ممکن می نماید اما دارای محدودیت هایی نیز می باشد. تعمیم دهی یا درون یابی اطلاعات افقی فراتر از ۵۰ کیلومتر بعید است که بیشتر از ۷۵٪ دقت داشته باشند (لیلز ۱۹۷۶). نتیجه گیری هایی که بر پایه ثبت کوتاه سرعت بادها بدست آمده با بهترین آزمایشات، قابل استناد نبوده و نیازمند تغییر و تفسیر می باشند (ولینگتون ۱۹۶۸؛ بروکفیلد ۱۹۷۰).

بقیه مخصوصاً هنگامی که به مسیرهای مستعد طوفان شن می رسند، ممکن است دائماً در معرض خطر باشند، برای مثال مسیری که از خرقة به جاده جدید در مصر می پیوندد، مسیر بین العین و ابوظبی در امارات متحده عربی، راه آهن خارج از شهر پلاستر در کالیفرنیا و بخش اول راه آهن صحرائی. در مورد اول جاده جدید شمال الخرقة بر روی زیرساختهایی به ارتفاع برخانهای موجود در منطقه ساخته شد، به این منظور که شن های باد آورده در پای موانع تجمع پیدا کرده (و جاده موقتاً از اثرات شن محفوظ بماند)، اما سنگریزه ها و ذرات درشت تر شروع به بالا آمدن و رسیدن به ارتفاع موانع می شوند و به حدی می رسند که خطوط تلفن و ابزارهای کنترل را احاطه کرده و این عموماً به خاطر عدم درک درست از شرایط موجود می باشد. ایراد رایج تخصصی این فرض است، که با فشردگی دانه های درشت و سنگریزه ها پیامدهای ناشی از جابجایی ذرات حذف می شوند، البته این فرض به ندرت اتفاق می افتد زیرا باد به زودی اشکال سطوح مناسب بادی را که دقیقاً همانند شرایط اصلی دانه ها است تجدید و دوباره سازی می کند. خطوط لوله و زیرساختهای مشابه آنها مشکلات سختی دارند چون دفن شدن آنها باعث سخت شدن نگهداری و سرکشی از آنها می شود. و این لوله ها در مناطقی که حرکت سنگریزه ها در آنها جریان دارد ارتفاع خود را از زمین از دست می دهند و این باعث می شود که در معرض خم شدگی و یا حتی شکستن قرار گیرند. مانند سرنوشتی که برای بخشی از کمربند لوله فسفات در آیین (صحرای اسپانیا) رخ داد. (دینیتو، ۱۹۷۴)

۴. وسعت جغرافیایی مشکلات

مشکلات و مسائل مربوط به جابجایی گرد و غبار می توانند در اکثر مناطق خشک اتفاق بیفتند، اما مشکلات در مناطق و نواحی که ریگ روان و لایه های تثبیت شده شن که به وسیله انسان برداشته شده اند، موجود است، جدی تر می نمایند. و این مشکلات مخصوصاً در صحراهای شن جدی تر و سخت تر است (مک کی ۱۹۷۹). مشکلات پیش بینی نشده اکثراً در مناطق بازمانده از توسعه یافتگی یا به عبارتی توسعه نیافته موفق به درک پیامدهای حاصل از برهم خوردن پوشش سطوح و زندگی گیاهی و حیات وحش بر روی دانه های ته نشین شده نشده اند (نگاره ۲). مشکلات گرد و خاک عموماً در همه جا، در سرزمین های خشک و یا حتی فراتر از آنها وجود دارد، اما آنها به طور ویژه در سطوح بی ثبات با بادهای قوی متمرکز شده اند. اصلی ترین مناطق در این زمینه ۱) صحرای صحاری در سواحل جنوبی دریای مدیترانه، شمال شرقی سودان، شبه جزیره عربستان، ولگای کوچک، قفقاز شمالی در شوروی سابق، قسمتهایی از آرژانتین، افغانستان، صحرای مهاوه-سوناران و دشتهای وسیع غرب ایالات متحده آمریکا. (رپ ۱۹۷۴، ایلز و ۱۹۷۶، گودی ۱۹۷۸، مورلز ۱۹۷۹)



نگاره ۲: محدوده جغرافیایی از تپه های ماسه ای متحرک و ثابت در زمین های خشک (بعد از کوکی و وارن ۱۹۷۳)



جدول ۲: انواع سطوح خاک و قابلیت فرسایش مربوط به آنها

نوع سطح خاک	نام عربی	نام های محلی	مقدار جابه جایی شن و یا گرد و غبار
بیابان‌های شنی	ارگ	طماخک(عربی) کوم، برجان (ترکی) عدن(بربری) شامو(چینی) الیسن(مغولی)	مقادیر زیاد شن و گرد و غبار هنگامی که فاقد پوشش گیاهی باشد به حرکت در می آید. هنگامیکه پوشش گیاهی ضعیف باشد صفحات شن و ریگ ناپایدار می شوند.
بیابان شن و سنگ ریزه(ریگ)	سریر	ارگ، ازریر(عربی) گی(مغولی) ریگ (فارسی)	کمیت گرد و خاک و شن در حرکت بستگی به پوشش ریگ دارد. مقدار متوسط یا میانگین آن هنگامی که بی ثبات نشده حرکت داده می شود. مقدار زیاد آن زمانی حرکت داده می شود که پوشش گیاهی و ریگ آن از سطح برداشته شود.
بیابان‌های سنگ ریزه دار	رگ	همادا(عربی)	کمبود و یا نبود جابه جایی ذرات شن و گرد و خاک در حالت ثابت؛ مقدار متوسط وقتی که پوشش از آن برداشته یا نابود شود.
ریگزار			مقدار متوسط بین ریگزار و بیابانهای سنگلاخی
بیابانهای سنگلاخی	سبکا	سبخه، شت(عربی) سور، شور(ترکی) کویر، کبیر(فارسی)	نبرد و یا جابه جایی کم شن و گرد و غبار
نمک زار			جابه جایی گرد و غبار هنگامیکه آب نمکزار خشک می شود افزایش می یابد. شکستن سطح نمکی در نتیجه موجب می شود مقدار زیادی از گرد و غبار در فضا معلق شود. سیل و پلایا (گوده نهشتی) مهمترین منبع برای گرد و غبار به حساب می آیند.

منبع: پس از پترو (۱۹۷۶)

۲) **قابلیت فرسایش**. پوشش گیاهی و نوع سطح دو فاکتور اساسی هستند که قابلیت فرسایش را کنترل می کنند. فاکتور پوشش گیاهی، ساخت - تغییرات فصلی و غیره - نقش مهمی را در تعیین قابلیت فرسایش سطوح ایفا می کنند. در معنای تخصصی این فاکتور قابلیت فرسایش را با حمایت از درامان ماندن سطح از شدت باد کاهش می دهد. و همچنین با افزایش جاذبه مولکولی اجزای اصلی تشکیل دهنده خاک در اطراف ریشه ها این عمل را تکرار می کند. جدول ۲ طبقه بندی خلاصه ای از اشکال سطح خاک رایج در سرزمین های خشک و قابلیت فرسایش مربوط به آنها را ارائه می دهد (برای بازنگری دقیق به گزارش پتروف ۱۹۷۶ مراجعه شود). بیابانهای شن از این نوع دارای بیشترین کمیت ماده های تشکیل دهنده در حرکت نسبت به هر زمان دیگری هستند، چون که خاک آنها دارای بافت متمرکزی بوده و در ذرات خود حداقل تراکم را دارند.

۳) **منبع اطلاعات برای قدرت و قابلیت فرسایش شامل گزارشات منتشر شده**، مشابه سازی شرایط، کار میدانی، کار آزمایشگاهی می باشد و کمتر از روش های رقومی و ریاضی به صورت مستقیم استفاده می شود. هرکدام از این منابع به طور خلاصه در زیر همراه با مثالهای داده شده از نوع اطلاعات خواسته شده مورد بازبینی قرار گرفته و می توانند مورد ارزیابی قرار گیرند.

اگرچه تلاش ها برای تنظیم و اصلاح بادسنجها به روی ۱۰ متر انجام گرفته، بسیاری از آزمایشات بر پایه جدول ۱ متغیرهای مهم در سیستم فرسایشی باد انجام شده است. زمانی فرسایش بادی کاهش پیدا می کند که معیارهایی که جلوی آنها علامت مثبت قرار داده شده بالاتر بروند و متغیرهایی که جلوی آنها منفی قرار داده شده کاهش پیدا کنند. (اصلاح شده از کوک و دورنکمپ، ۱۹۷۴)

این ارتفاع مشخص شده نبوده و بنابراین نیازمند تعدیل می باشند. و همچنین باید سرکشی های حضوری از محل بادسنجها صورت گرفته و برآوردهای مربوط به میزان زبری سطوح محاسبه گردند (جانسون، ۱۹۷۰). مبنای زمانی برای داده های مربوط به باد مهم می باشد. برای مثال سرعت های باد زود گذر در یک ساعت به توان سوم رسیده و میانگین آن گرفته می شود و نتیجه آن نسبت به گرفتن میانگین سالانه قابل توجه تر است. در ایستگاه هایی که عملکرد باد را در فاصله های زمانی مختلف مورد مقایسه قرار می دهند به راحتی نتایج غلط ثبت می شوند. با وجود این مشکلات تلاشهای متعددی برای پیش بینی قدرت فرسایش و فراوانی فرسایش بادی و حوادث مربوط به جابه جایی ذرات انجام پذیرفته است (دایف ۱۹۵۲، در صحرا، زینک ۱۹۴۹، ۱۹۵۰، چپیل و همکاران ۱۹۶۲، اسکیدمور ۱۹۶۵، و اسکیدمور و وودروف ۱۹۶۸، در دشتهای بزرگ ایالات متحده آمریکا).



$$R_j = \frac{\sum_{i=1}^n (v-vt) i^3 f_i}{15 \sum_{j=0}^{15} \sum_{i=1}^n (v-vt) v^3 f_v}$$

مقدار برتری فرسایشی باد می‌تواند مورد محاسبه قرار گیرد. مقدار ۱ نشان دهنده جهت فرسایشی باد غیر ترجیحی است، در حالی که مقدار ۲ نشان دهنده نیروهای فرسایشی دوبرابر و همچنین به موازات خط جهت معمول باد است. وقتی که این مقدار زیاد باشد، جهت‌گیری معمول باد شکن‌ها در این حالت به نیروهای فرسایشی بیشینه تغییر جهت می‌دهد. از این رو، این مقدار (مقدار برتری) در تعریف دسته بندی صحیح بادشکنها و حصارها برای کنترل فرسایش سودمند است. بردار و حاصل جمع آن زمینه را برای ایجاد بهترین معیار قابلیت فرسایش فراهم می‌کند، زیرا بدین وسیله می‌توان مقدار ظرفیت باد برای فرسایش و جهت غالب باد و همچنین پراکندگی جهات نیروهای فرسایشی باد را محاسبه کرد. بردارها نشان دهنده چگونگی تغییر فاکتورها در یک سال می‌باشند، زمان و مکان وقتی که خطر فرسایش در بالاترین حد است و از این رو زمان و مکان آن برای بالاترین سطح حمایت و مقابله نیز مشخص می‌گردد. و همچنین جهت‌یابی صحیح مانع‌ها برای کاهش مشکلات نیز توسط همین بردارها مشخص می‌گردد.

۳. مدل سازی بر اساس داده‌های ماهواره‌ای

۱) **عکس‌های ماهواره‌ای.** بسیاری از منابع به کارگیری تصاویر ماهواره‌ها را در محیط‌های تپه ماسه ای منتشر نمودند. برای مثال ویناگرادوف (۱۹۷۶) از ضریب بازتاب طیفی برای نشان دادن فروافت سرزمین‌های بادخیز استفاده کرده است، نواحی دارای این مشکلات هنگامی آشکار می‌شوند که سطوح چراگاهی همگن به وسیله مرزبندی‌های قراردادی بین مدل‌های مختلف کاربری زمین جداسازی شوند. مزایای حاصله از سیستم مشابه سازی ماهواره لندست Landsat برای مطالعه خصوصیات ذرات در رابطه با سایر علائم محیطی می‌تواند به صورت زیر خلاصه شود: ۱) این سیستم اجازه مقایسه مستقیم نواحی را به کاربر می‌دهد از آن جهت که تقریباً یک مقیاس یکسان در تمامی تصاویر وجود دارد ۲) اجازه شناسایی گرایش‌ها و خط‌کشی‌های مهم را به کاربر می‌دهد. ۳) این امکان را فراهم می‌کند که تکه‌های پرینت عکس‌های رنگی ماهواره‌ای را در کنار هم قرار داده و هم پوشی کرده که نشان دهنده شن در نواحی بزرگ می‌باشند و اثبات می‌کند که این عکس‌ها برای به کارگرفته شدن به عنوان نقشه پایه مفید می‌باشند. و ۴) و در آخر با تهیه عکس‌های رنگی کاربران را برای نمایش هرچه بهتر شن و پوشش گیاهی و شکل ذرات، هدایت می‌کند که این عکس‌ها بسیار بهتر از عکس‌های تکی سیاه و سفیدی است که از ماهواره Earts-1 گرفته شده‌اند. (مک‌کی و برید ۱۹۷۳)

مطالعات مؤثر مشکلات شن و گردوخاک که از سیستم مشابه تصاویر ماهواره لندست استفاده کرده‌اند شامل مطالعاتی است که توسط سیورز و درو (۱۹۷۳ و ۱۹۷۴) بر روی تپه‌های شن نبراسکا، مطالعات سیمونت و همکاران بر روی ذرات در استرالیای مرکزی (۱۹۶۹) مطالعه انجام گرفته توسط منگویت (۱۹۷۶) بر روی جریان شن در صحاری و برخان‌های استرالیا، رومانوا (۱۹۶۸، ۱۹۶۴) بر روی بیابان‌های خارطوم و بودن و

طبیعتاً منابع اطلاعاتی مختلف برای بالا بردن کیفیت ارزیابی‌های کلی با هم استفاده می‌شوند.

۲. منابع نوشتاری

اگرچه نقشه‌های ارتفاعی، پوشش گیاهی، خاکشناسی، و زمین‌شناسی ممکن است اطلاعاتی در زمینه ارزیابی جابجایی شن و گرد و خاک فراهم کنند، با این حال مهمترین منابع نوشته شده در این زمینه مربوط به آمار جوی ثبت شده می‌باشد. در هر کدام از این پروژه‌ها احتمال آن کم است که زمان کافی برای گردآوری اطلاعات جوی کافی در یک زمینه مشخص وجود داشته باشد. هنوز هم آمار مربوط به آزمایش‌های بلند مدت تنها راه برای اثبات کافی تأثیرات بادهای شدید در دوره‌های کوتاه مدت است. تحلیل اطلاعات جوی معمولاً نیازمند تعمیم نموداری از قبیل نمودار وضع هوا میزان وزش باد و جهت آنها می‌باشد، این عمل تکرر و قدرت تمام بادهای مشخص می‌کند. اما راه حل بهتر آن است که نمودار وضعیت شن و گرد و خاک در بادهای مؤثر را رسم کنیم (انتقال ذرات شن و گرد و غبار). بگنولد در سال ۱۹۵۳ معادله‌ای ارائه کرد که با آن می‌توان میزان جابجایی گرد و خاک و شن را محاسبه کرد:

$$Q = \frac{1.0 \times 10^{-4}}{\log(100z)^3} t(v-16)^3$$

که Q = جابه جایی شن در تن در هر متر،

t = ساعت‌هایی که باد V km/hr می‌وزد، و ۱۶ کیلومتر در ساعت سرعت آستانه است،

Z = ارتفاع از سطح زمین بر حسب متر

Q برای بادهای مؤثر با هر سرعتی و در هر جهت برای بدست آوردن نمودار جابجایی باد محاسبه می‌شود.

اسکیدمور (۱۹۶۵) و اسکیدمور و رودروف (۱۹۶۸) جهت و بزرگی نیروهای فرسایشی باد را با محاسبه بردار نیروی فرسایشی باد برای هر کدام از مسیرهای اصلی سرعت آستانه برآورد کردند:

$$r_j = \sum_{i=1}^n (v-vt)^3 i f_i$$

که $(V-Vt)_i^3$ = توان سوم میانگین سرعت باد بالاتر از آستانه سرعت در گروه سرعت i ام.

F_i = درصد بررسی کل که در گروه سرعت i ام اتفاق می‌افتد و در مسیر مورد بررسی صورت می‌گیرد.

z = مسیر (که از ۰ تا ۱۵ ارزش بندی شده و در جهت خلاف عقربه‌های ساعت و از شرق شروع می‌شود).

حاصل جمع بزرگی بردار حجم کلی نیروهای فرسایش بادی برای موقعیت‌های زیر را فراهم می‌کند.

$$F_1 = \sum_{j=0}^{15} \sum_{i=1}^n (v-vt) v^3 f_v$$

بردار فرسایش مربوطه که با r_j^2 نشان داده می‌شود بدین طریق بدست می‌آید:

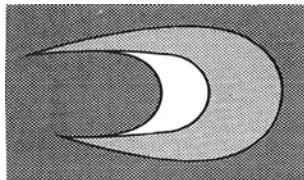
$$\sum_{j=0}^{15} r_j = 1$$



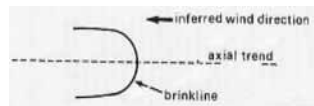
آنها با بادهای حاضر شناسایی می‌شوند. برآمدگی‌های حاصل از دانه‌های باد آورده گرد و کم ارتفاع شده، کناره آنها ملایم و گاهی حفر می‌شود، و فضاها خالی بین دانه‌ها پر می‌شود. همچنین بستر دانه‌های تثبیت شده احتمال می‌رود برای خود سیستم زهکشی منحصر به فردی داشته باشند.

د) نسبت حرکت ذرات، در صورتی که عکسهای هوایی برای یک منطقه در دسترس باشند می‌تواند مورد اندازه‌گیری قرار گیرد (با ارجاع به شرکت نقشه برداری هاتینگ با مسئولیت محدود، ۱۹۷۷). به عنوان مثال خطوط رسم شده خارجی پلانیمتری برخان‌ها بر روی پروازهای عکس‌های هوایی دائم برای محاسبه جابجایی‌های جانبی به کار گرفته می‌شوند. در این قاعده کلی نسبت جابجایی یک برخان با حجم آن تناسب معکوس دارد.

برخان



نگاره ۳: عکس هوایی
شکل جهت باد



۳) تفسیر: نگاره ۳ ارزیابی گرایش ریزدانه‌ها از عکس‌های هوایی است. خط مورب روی سطح شیب‌دار به راحتی با شن‌های رنگی روشن سطح شیب‌دار که در تضاد با شن‌های تیره تر سطح روبه باد هستند تشخیص داده می‌شوند. این تفاوت تن در نتیجه ریگ‌زدایی از سطح شیب دار به وجود می‌آید (فرایند ریزش ناگهانی شن سریع تر از شکل‌گیری ریگ‌ها شکل می‌گیرد). بنابراین این سمت از برخان‌ها نور بیشتری را نسبت به سمت روبه باد آن منعکس می‌کند و یا این تفاوت در بازتاب ممکن است به خاطر زاویه‌های هر کدام از اطراف برخان‌ها نسبت به نور باشد. فضاها ریزدانه‌ای که دارای سطح لای می‌باشند در اثر به هم چسبیدگی ذرات شن خود را از دست نمی‌دهند و در نتیجه در عکس‌های هوایی تیره ظاهر می‌شوند. مناطق و نواحی ریزدانه‌ای که سطوح آنها از ریگ تشکیل شده و یا دارای پوسته‌ای از نمک هستند نور بیشتری را بازتاب داده و در نتیجه روشن تر دیده می‌شوند. برخی از ابزارهای اندازه‌گیری اندازه ذرات بایست به مثابه فاکتوری برای اصلاح نسبت‌های ثبت شده پیشرفت ذرات برای تعریف نسبت جابجایی شن مورد استفاده قرار گیرند. ارتفاع ذرات بیشتر به وسیله عکس‌های هوایی که در روش‌های برجسته‌بینی بدست آمده‌اند مشخص می‌شود و یا به وسیله اندازه‌گیری‌های موردی که معمولاً مورد استفاده است این مقدار به دست می‌آید. لتاوو (۱۹۶۹) از نتایج نسبت جابه جایی ذرات تشکیل دهنده برخان‌ها برای محاسبه نسبت حمل توده‌ای شن استفاده کرد. حجم ذرات با استفاده از عکس‌های هوایی و حجم توده‌ای محاسبه شده بود. که خود این نسبت‌ها با استفاده از حجم ذرات چند وجهی محاسبه شده که دوباره همین حجم ذرات چند وجهی به وسیله نسبت سالیانه بهبود ذرات محاسبه شده بود.

همکارانش (۱۹۷۴) بر روی شکل‌گیری ناحیه لس آنجلس صورت گرفته‌اند. ۲) عکس‌های هوایی. توسط عکس‌های هوایی با کیفیت بالا و رقومی شده به نحو احسن هرآنجا که برای سرزمین‌های خشک وجود داشته باشد تحلیل مشکلات جابجایی شن و ذرات گردوخاک سریع‌تر، مؤثرتر و دقیق‌تر انجام می‌گیرد (ارجاع به استون ۱۹۷۱، استوارت ۱۹۶۱). سیستم تصویربرداری این چنین در مطالعه قابلیت فرسایش و تخریب، سیستم‌های فعال ذرات، ته نشین شده، نسبت جابجایی ذرات و تکنیک‌های نقشه‌برداری تخصصی قابل استفاده و سودمند است.

الف) قابلیت فرسایش و تضعیف زمین. به محض اینکه انواع سطوح خاک و اشکال زمین در عکسهای هوایی شناسایی شدند، اطلاعات مشخصی درخصوص قابلیت فرسایش می‌تواند استنباط شوند. به عنوان مثال، پوشش گیاهی مرده می‌تواند از پوشش گیاهی زنده متمایز شود، صخره‌شناسی‌های متعدد و اغلب خاک می‌تواند منجر به شناخت و تشخیص تمامی داده‌های غیر قابل تخمین و فوق‌العاده گرانبها برای ارزیابی و تخمین قابلیت فرسایش شود.

ب) سیستم‌های فعال ریگ روان به عنوان شاخص‌های رژیم باد. اگرچه ظهور نهادین دورنماهای بیابانی در عکس‌های هوایی مورد بازنگری قرار گرفته است (دیویس و نیل، ۱۹۶۳)، اما شمار کمی از آنها برای شناسایی چشم انداز تپه‌های ماسه‌ای منتشر شده‌اند. گرایش ریگ‌ها را گاهی اوقات می‌توان از تصاویر ریگ در تصاویر هوایی استنباط کرد همانگونه که در نگاره ۳ مختصر صورت گرفته است. پارامترهای توصیف کننده هندسه ریگ که برای تعیین وجوه جابه جایی شن و ریگ به کار گرفته می‌شوند می‌توانند از طریق عکس‌ها به واسطه تکنیک‌های فتوگرامتری (عکاسی هوایی) اندازه‌گیری شوند (به عنوان مثال، نرخ جابجایی ریگ با ارتفاع توده ریگ متناسب است). در مناطقی که داده‌های مربوط به باد ناکافی یا غایب‌اند، شواهد غیر مستقیم از رژیم باد را می‌توان از گرایش ریگ‌های در حال حرکت بدست آورد. ریگ‌های این چنین را می‌توان به عنوان شاخص‌های قابل اطمینان و موثق از جهت حرکت شن و باد متعادل به کار گرفت. (با ارجاع به مونتود ۱۹۵۸، کینگ ۱۹۶۰، بروکفیلد ۱۹۷۰، ویلسون ۱۹۷۱، هیگینز و همکاران ۱۹۷۴) طبقه‌بندی پتروو (۱۹۵۶) از اشکال ذرات و رژیم‌های بادی مترادف با آن در جدول ۳ و نگاره ۴ نشان داده شده است. برای هرکدام از پنج رژیم بادی، اشکال ذرات در رابطه با نوع خاصی از سطح خاک و عمق سطح آب زیرزمینی از زمین مورد آزمایش قرار گرفته است. جدول شامل همه انواع ذرات نمی‌شود (با ارجاع به ذرات مانع شونده). اما به هر حال این جدول دارای جامع‌ترین تعریف از ذرات می‌شود.

ج) ذرات ثابت (ته نشین شده). که در گذشته شکل گرفته‌اند و به وسیله پوشش گیاهی و یا به وسیله پوسته یا قشر سطحی تثبیت شده‌اند و ضرورتاً به وسیله بادهای اولیه شکل نگرفته‌اند؛ و شایسته نیست در هر شرایطی برای ایجاد رژیم‌های بادی هم زمان مورد استفاده قرار گیرند. تجهیزات و توسعه شهری اگر سطح استحکام خود را از دست داده باشد، بر روی بسترهای ریزدانه ثابت می‌تواند مشکلات جدی ایجاد کند. بنابراین شناسایی و زیرنظر گرفتن ریزدانه‌های ته نشین شده و ثابت حائز اهمیت است. آنها عموماً به وسیله خصوصیات خاک موافق با سطح ذرات و پوشش گیاهی (چرچ وود، ۱۹۶۳) اصلاح اشکال ذرات را الگودهی و به وسیله علائم غیر بادی (اسمیت، ۱۹۶۳) و عدم تطابق گرایش



جدول ۳: انواع اصلی اشکال ساخته شده (عموماً برآمدگی) به وسیله باد در بیابان های سراسر جهان

خصوصیات سطوح مربوطه				رژیم های بادی
دشت های شنی با سفره های آب زیر زمینی عمیق و پوشش گیاهی مناسب این منطقه	دشت های نمک زاری با سفره های آب زیر زمینی کم عمق و پوشش گیاهی مناسب برای این مناطق	دشتهایی با قابلیت جابجایی رسوبات و شن، با سفره های آب زیر زمینی در عمق زیاد بدون پوشش گیاهی	دشت های هموار تشکیل شده از رسوبات فشرده با سفره های آب زیر زمینی در عمق زیاد بدون پوشش گیاهی	
۱. برآمدگی های شنی کوچک، متوسط و بزرگ پایدار شده به وسیله پوشش گیاهی مختص به مناطق بیابانی	۱. موانع تپه ای، تپه های پوشیده متقارنی که در جهت غالب باد گسترش یافته اند	۱. سلسله برخان های منفرد و مجزا. بستر سلسله موازی. برآمدگی های برخانی نامتقارن و بی تناسب پیچیده	۱. برخان های مجزا و زنجیره های برخانی پایدار یا کم تر پایدار. بستر سلسله برخان های موازی و برآمدگی های برخانی پیچیده.	غلبه یک جهت از باد غالب
۱. تپه های کوچک، متوسط و بزرگی که به وسیله پوشش گیاهی ثابت و پایدار شده اند.	۷. شن های ریز و متوسط و درشت انباشته شده. تپه های کوچک شنی	۱. سلسله برخان های منفرد و مجزا. بسترهایی با سلسله برخان های موازی	۱. برخان های منفرد و مجزا و سلسله برخانی. بسترهایی با سلسله برخان های موازی	غلبه دوباد مقابل
۱. شکلهای برجسته مشابه و ناممکن و دارای آرایش شش ضلعی از شن و ماسه ثابت، متوسط و بزرگ	۱. شن و ماسه بیشه انباشته شده. کوچک، بزرگ و متوسط بسته به اندازه بوته ها	۱. شن و ماسه برخان مشبک و آرایش شش گوش	۱. برخان های متناوباً مجزا و دارای پیوند و سلسله برخان های دستخوش تغییر شکل و دگرگونی	غلبه دو مسیر باد پایدار
۱. برآمدگی های شنی کوچک، بزرگ و متوسط و تپه های کوچک ماسه ای ثابت شده به وسیله پوشش گیاهی	۱. موانع برآمده. تپه های پوشیده نامتقارن	۱. سلسله برخان های نامتقارن و برآمدگی های برخانی	۱. برخان های نامتقارن و زنجیره های برخانی. برآمدگی های خطی و طولی. و برآمدگی برخان	غلبه دوباد که جهت شان دارای زاویه های حاد است
۱. تپه های کوچک شنی و شن های مشبک، بزرگ، متوسط و کوچک. برآمدگی های به صورت شبکه. شن و ماسه های هر می ثابت و پایدار	۱. توده های شن و ماسه، کوچک، متوسط و درشت بسته به اندازه بوته	۱. توده های شنی و ریگ هر می مجزا. بندرت به صورت دسته	۱. مجموعه و منظومه هایی از ریگ روان هر می شکل. توده های شنی مجزا	زوایای متعدد، بدون غلبه هیچ کدام از مسیرهای بادهای غالب

منبع: پتروو ۱۹۷۶

(رجوع شود به باترفیلد، ۱۹۷۳).

خاکها بر طبق قابلیت فرسایش آنها در این زمینه طبقه بندی می شوند (رجوع به نیلز، ۱۹۷۳). این طبقه بندی شاید بر اساس عمق، ساختار، و محتویات سطح افقی و عمق سطح زیرین لای غیر قابل فرسایش و محدود ریزگار افقی در تشخیص عمقی که فرسایش شاید ادامه یابد و مقدار مواد در دسترس به محض اینکه فرسایش اتفاق افتد، صورت می گیرد. (کاندون و استانارد، ۱۹۵۴)

۵. نظارت بر عملکرد گرد و خاک

ابزارهای مورد استفاده برای نظارت بر عملکرد گرد و خاک قبلاً به وسیله کمیته وظایف مورد بحث قرار گرفته است (۱۹۷۰): این تکنیکها شامل ساکن نمودن جنبشها (هنریکسون، ۱۹۶۸)، و فاکتورهای جامع رسوب گذاری مشابه (فیرویدر و همکاران، ۱۹۶۵، اسمیت و تویز، ۱۹۶۵، چنفلد، ۱۹۶۷، سالم و سوورلی ۱۹۶۷، اداره حمل و نقل آریزونا، ۱۹۷۵، ۱۹۷۴ و مورالز، ۱۹۷۹) و تکنیک های متضمن پالایش، تصادف، ته نشینی الکترواستاتیکی، ته نشینی حرارتی و ساترفیوژ (ذره کوچکی در مرکز جاذبه میان دانه) می شود.

شمارش و برآورد اجزای گرد و غبار معمولاً به وسیله میکروسکوپ زیستی استاندارد صورت می گیرد. توزیع و پخش ذره ای به وسیله غربال، ذره بینی نوری، لایه گذاری، خاک شویی، طبقه بندی گریز از مرکز، یا با به کار گیری میکروسکوپ الکترونی تعیین می شود. متدهای تحلیل شیمیایی هم مناسب

ه) تکنیک های نقشه برداری ویژه. نقشه های ژئومورفولوژیک معمولاً نیازمند عکس های هوایی به عنوان پایه و اساس می باشند. این نقشه ها توانایی طبقه بندی نواحی مستعد جریان های شدید بادی - بالقوه و بالفعل - بر اساس فرسایش، انتقال، مقاومت، توانایی جایگزینی در نواحی شهری و یا نواحی مستعد برای شهرنشینی و با توجه به میزان شدت خطر را دارند. طبقه بندی از این قبیل (جدول ۴) در مطالعه یک فرودگاه جدید در دبی صورت گرفت. (هالکرو، خاورمیانه ۱۹۷۷)

یک نظریه نهایی در مورد عکس های هوایی برای مطالعه مشکلات ناشی از جریانات بادی حائز اهمیت است: تفسیر پدیده جریانات باد از روی عکسهای هوایی غالباً مشکل است، قبل از استخراج نتایج داده های مربوطه در شرایط توافقی و در سطح بالایی از دقت و صحت یادگیری و تجربه مورد نیاز است، و همچنین بررسی موردی نیز پایه و اساس این کار است.

۴. کار میدانی

الف) قابلیت فرسایش می تواند از راه های مختلفی ارزیابی شود (به طور عمده با استفاده از نقشه های آزمایشی و روش های طبقه بندی خاک). مزیت نقشه های آزمایشی این است که شرایط محیطی در مقیاسی وسیع می تواند تحت کنترل درآید (با استفاده از یک تونل باد سیار). بزرگترین مشکل نقشه های آزمایشی، تأثیر همین نقشه ها بر روی نتایج تجربی به دست آمده است، مشکلی که باعث تعمیم مشکلات در یک ناحیه به نواحی وسیع تر می شود



و هم متعدد هستند (به کار استرن، ۱۹۶۸ مراجعه شود).

آنها را مورد آزمایش قرار دادند و (در ارتفاع دو متری) به این نکته پی بردند:

$$C = \frac{56.0}{v^{1.25}}$$

که C = تراکم ذرات گرد و غبار در میلی گرم در متر مکعب،

و V = میدان عملکرد ترازوی در کیلومتر است.

۱۱- توده‌های ماسه‌ای در آسیای مرکزی

۱۲- ماسه‌های مشبک ثابت در آسیای مرکزی

* باد و بادی که از دو زاویه می‌وزد

۱۳- رشته‌های ماسه‌ای خطی در آسیای مرکزی

۱۴- شکل پهن از برخان‌های مجزا

۱۵- تپه‌های نوک‌دار (کشیده) در آسیای میانه

۱۶- رشته‌های ماسه‌ای موازی در جهت باد در آسیای شرقی

* با بادهای مجزا دو طرفه متضاد

۱۷- ماسه‌های هرمی در صحرای

۱۸- تپه‌های هرمی در آسیای مرکزی

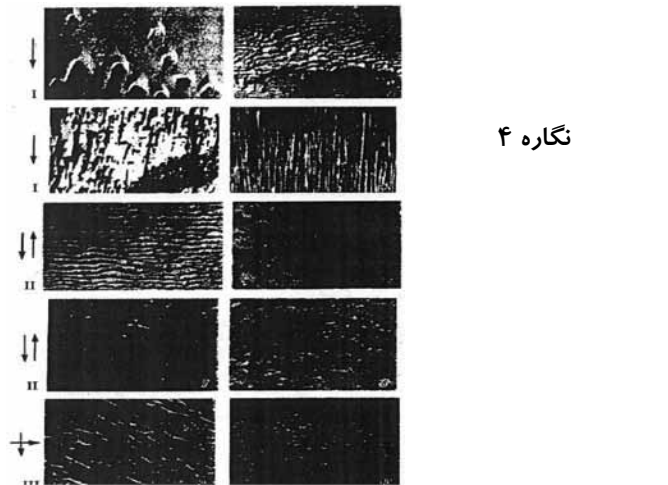
۱۹- توده‌های ماسه‌ای در آسیای مرکزی

۲۰- ماسه‌های ثابت با چاله‌های مشبک در آسیای میانه.

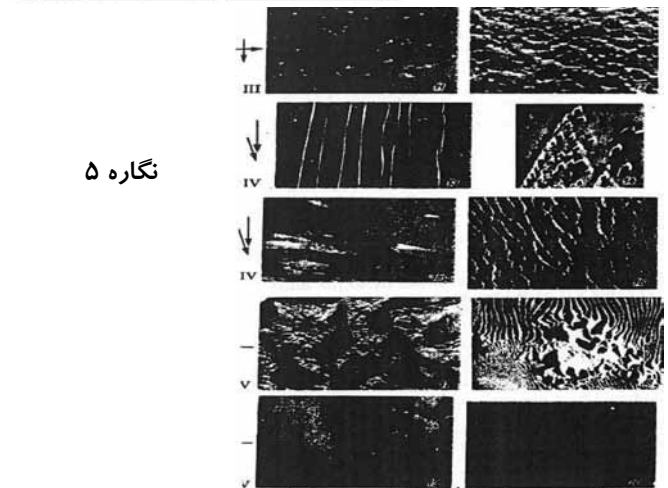
چیپل (۱۹۵۷a,b) و چیپل و وودروف (همان سال) نیز تحلیل‌هایی را در طبقه‌بندی، اندازه و ترکیب ذرات شن که در طول طوفان‌های شن انباشته شده بودند انجام دادند. مطالعات سنجشی سینوپتیک مربوط به شرایط طوفان‌های شن گرمسیری بر روی سطح و سطوح بالاتر از پراکندگی اتمسفری برای تعیین الگوهای آب و هوایی که برای حمل و نقل طولانی مدت و با حجم زیاد و فراوانی ایجاد طوفان گرد و غبار مستعداند، مورد نیاز است. مشاهدات آب و هوایی استاندارد برای مطالعه بر روی پراکندگی تکرار طوفان‌های شن در فضا و زمانهای مختلف به کار گرفته می‌شوند. که نتیجه این مطالعات منبع و ته نشینی گرد و خاک را آشکار می‌سازد. گودی (۱۹۷۸) لیستی از مهم‌ترین بادهای عامل گرد و خاک تهیه کرد (جدول ۷،۴). طوفان‌های گرد و خاک وسیع در دوره‌های طولانی عموماً در بخش‌های گرم عرض‌های جغرافیایی پایین با فشار کم رخ می‌دهند، از آنجایی که ابرهای گرد و غبار دیوار مانند متمرکز معمولاً مسیرهای جلوی روی خود را در می‌نوردند. وضعیت تیرگی شن و گرد و غبار به وسیله زیر نظر گرفتن رادون ۲۲۲ مورد مطالعه قرار گرفت (کارلسون و راسپرو، ۱۹۷۲). رادون ۲۲۲ ماده ای رادیو اکتیو است با متوسط عمر ۳،۸۲ روز، در میان گازهای تولید شده از مجموعه فروپاشی های اورانیوم ۲۳۸ تولید می‌شود. نسبت پرتوافشانی رادون ۲۲۲ در اقیانوس حدود یکصد برابر کم تر از زمین است بنابراین اجزای هوای اقیانوسی دارای تمرکز رادون کمی می‌باشند. تمرکز رادون در فضاها تیره ناشی از وجود گرد و غبار اساساً نسبت به فضاها بدون پوشش و یا روی و ارونگی دمای گلخانه‌ای می‌باشند.

تحت نظر قرار دادن شنها

اندازه‌گیری جریان کلی شن فقط می‌تواند تقریبی صورت گیرد زیرا



نگاره ۴



نگاره ۵

الف) اشکال تشکیل شده با یک باد غالب

- ۱) برخان‌های منفرد صحرای لیبی؛ ۲) برآمدگی‌های برخانی فشرده آسیای میانه
- ۳) موانع برآمده، آسیای مرکزی؛ ۴) برآمدگی‌های ثابت شنی، استرالیا

ب) اشکال تشکیل شده با دو باد مخالف

- ۵) سیستم سلسله برخان‌های موازی، آسیای میانه؛
- ۶) سیستم سلسله برخان‌های کاملاً منفک، ایالات متحده آمریکا
- ۷) شن‌های انباشته شده، آسیای مرکزی
- ۸) برآمدگی‌های ایستاده، آسیای میانه

ج) اشکال تشکیل شده با دو باد متعامد (هم بر، دو بادی که نسبت

به هم زاویه ۹۰ درجه داشته باشند)

۹) سلسله برخان‌های متعامد، آسیای میانه

۱۰) توده‌های شن برخانی شش گوش (لانه زنبوری)، آسیای مرکزی؛

چیپل و وودروف در سال ۱۹۵۷ رابطه بین تراکم ذرات و میدان عملکرد



معادلات برآورد کننده

از راه‌های بسیاری فرایندها و کنترل معیارهای جابجایی شن و ذرات خاک و پیش از آن درک ما از آنها می‌تواند به بهترین نحو در قالب معادله‌های برآورد کننده خلاصه‌بندی شوند، معادلاتی که در تلاش برای مدیریت مسائل همیشه در دسترس هستند.

این معادلات بر اساس رابطه بین قابلیت فرسایش و قدرت فرسایش می‌باشند. برخی از این معیارها با حجم واقعی خود نمایان شده و برخی به وسیله یک شاخص رفتار آنها را در رابطه با شرایط مناسب ایجاد شده اختیاری تعریف می‌کند. معادله‌ها می‌توانند در دو دسته وسیع گروه‌بندی شوند: ۱- معادلات کلی شامل پارامترهایی هستند که گروه‌بندی همه معیارها را توصیف می‌کنند و ۲- معادلات جزئی که جابجایی ذرات خاک و شن را با پارامترهایی که تنها برخی از گروه‌بندی‌های فاکتورهای که بر روی فرسایش خاک تأثیر می‌گذارند را برآورد می‌کنند.

معادلات کلی: معادلات جهانی برای اندازه‌گیری فرسایش بادی. یک نسخه اولیه از معادلات جهانی به وسیله سرویس تحقیقات کشاورزی ایالات متحده طراحی شد (نایلز، ۱۹۷۱) و به وسیله وودروف و سیدووی در سال ۱۹۶۵ گسترش داده شد. شرایط مناسب برای معادلات همان شرایطی است که پیرامون باغ شهر کانزاس به کار گرفته شده‌اند.

$$E = F (I.K.C.L.V)$$

که E = خاک از دست رفته محاسبه شده

I = خاک و شاخص قدرت فرسایش تپه

K = معیار زبری تپه های خاکی

C = معیار جوی

L = طول بستر در طول جهت فرسایش باد غالب

و V = مقدار مساوی پوشش گیاهی است

تأثیر مانع ساییدگی و شرایط نامساعد ته نشینی

تأثیر مدل لوله و تنوری یا خروج پرفشار

تأثیرات ارتباطات پر فشار

تأثیرات شبکه‌ای

تأثیرات حفره‌های گریز باد دیوار-مانع بزرگ

گذرگاه - کانال گریز باد

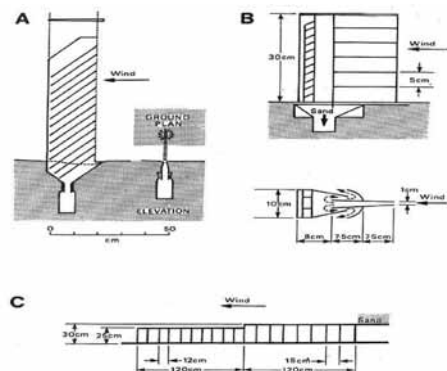
انباشته کننده گان افقی (A و B) و عمودی (C) شن (بعد از بگنولد، ۱۹۴۱)

و بلی، ۱۹۷۴)

تأثیرات جانبی (کناری) (F) و تأثیر جریانانات (G) تأثیر کانالیزه شدن باد (H)، برج در یک سکونتگاه قدیمی (و تأثیر آن بر جریان باد) (I).

نتیجه‌گیری عملی از این معادلات دشوار است چرا که عناصر درون معادله‌ها قابل افزایش نیستند- فرسایش فقط با استفاده از نمودارها و جدول‌ها قابل تخمین می‌باشد. یک راه حل کامپیوتری طراحی و انتشار یافت (اسکیمور و همکاران، ۱۹۷۰). به کارگیری معادلات برای نواحی بزرگ سخت می‌باشد، چرا که موفقیت در این کار به اطلاعات دقیقی بستگی دارد که شاید در خیلی از سرزمین های خشک قابل حصول نباشند. اما معادله یک خلاصه جامع از سیستم فرسایش بادی می‌باشد. این معادله یک ابزار پیش‌بینی کننده برای

متهای «انسداد مدرج» و «تلاطم» - مدل سازی شونند (للوید، ۱۹۷۷؛ لوسن، ۱۹۷۱). طیف‌های آشفته‌گی می‌توانند به وسیله عناصر تلاطم و شبکه‌های آشفته‌گی تولید شوند (کامته بلوت و کارسین، ۱۹۷۷؛ کاونیهال، ۱۹۷۹، ۱۹۷۰، ۱۹۷۱). بادسنجی رشته‌های حرارتی ابزار اصلی به کار گرفته شده جهت اندازه‌گیری آزمایشگاهی آشفته‌گی است (هینزه، ۱۹۵۹؛ کارسین، ۱۹۷۳؛ برادشاور، ۱۹۷۵). سختی سطح را می‌توان به واسطه مجراهای پرستون اندازه‌گیری کرد. حباب‌های هلیوم با تراکم متوسط و دود را می‌توان برای تجسم میدان گردش و جریان به کار گرفت. این متدها با جزئیات کامل مورد بررسی قرار نگرفته‌اند.



نگاره ۶: افقی a, b و عمودی c جمع آوری ماسه (بگنولد ۱۹۴۱ و بلی ۱۹۶۴)

ج) نتایج تجربی بدست آمده از پژوهش‌های تونل‌های بادی بسیار گسترده و وسیع‌اند و شامل کارهایی در زمینه آستانه سرعت جابجایی ذرات (گریلی و همکارانش، ۱۹۷۷) و کارهای چپیل (۱۹۵۰) بر قابلیت فرسایش می‌باشد. وینتی (۱۹۷۸) یک تونل بادی را برای انجام آزمایشات وزش باد به کار گرفت که در آن از نظارت ذره‌بینی الکترونی برای نمایش تغییرات بر روی سطح نمونه استفاده شده بود. دیتیش در ۱۹۷۷ صخره‌های با درجات سختی مختلف را برای دو سال در معرض وزش باد همراه با ذرات شن در بادی با سرعت ۲۸ کیلومتر بر ساعت قرار داد، و به این نتیجه رسید که نسبت فرسایش مستقیماً بستگی به مقاومت موادی دارد که در معرض وزش باد قرار می‌گیرند، و اینکه حجم توده ساینده مهم‌تر از درجه سختی آن است. مسائل نقشه‌کشی که با جابجایی ذرات گرد و خاک و شن همراه‌اند در سرزمین‌های خشک حائز اهمیت می‌باشند. و این مسائل می‌توانند در تونل‌های بادی مورد بررسی قرار گیرند.

برای مثال داخنین (۱۹۵۸) مطالعات تجربی را در زمینه تونل‌های بادی انجام داد که به حل مسائل طراحی در ساختمان‌سازی در نواحی بیابانی کمک کرد. آزمایشاتی از این قبیل برای تعریف و مقدار دهی تأثیرات ایرودینامیکی (حرکت گازها در هوا) برای پیکربندی‌های ساختمانی مختلف قرار داده شده است (نگاره ۷). نواحی که بادهایی شدید در آنها می‌وزد مزاحمت‌هایی از جانب ذرات و شن‌های معلق در آنها موجب سلب آسایش می‌گردد. و به وسیله فرایند سایش ساییده می‌شوند، نواحی که دارای ارتفاع کم و در گودی‌ها هستند از جانب انباشت شن و ته نشینی آنها مورد تهاجم قرار می‌گیرند.



C = ضریبی برای محاسبه درجه بندی (با ارزش های معادل ۱,۵ برای شن های یک شکل نزدیک ، ۱,۸ برای شن های ریزدانه درجه بندی شده طبیعی ، ۲,۸ برای شن با دسته بندی ناچیز با طیف وسیعی از اندازه ذرات، و ۳,۵ برای ریگزارها)
 $D =$ قطر شنهای ۰,۲۵ میلی متری استاندارد
 $D =$ قطر شنهای مورد مطالعه
 $P =$ چگالی هوا
 $V =$ میزان تغییر سرعت گاز

نگاره ۸A رابطه را تعریف کرده و نگاره ۸B قابلیت دریافت فرمول برای متغیرهای C و D را نشان می دهد. این معادله به صورت موفقیت آمیز توسط بسیاری از کاربرها استفاده شده است رجوع به کدیب، ۱۹۷۴، ۱۹۷۳، دالی، ۱۹۷۴، تیسوار، ۱۹۷۴، هاوارد و همکاران ، ۱۹۷۷). سخت ترین پارامتر اندازه گیری در کار میدانی در این معادله V می باشد. و در این رابطه اندازه ثبت شده ای در مشاهدات هواسنجی استاندارد وجود ندارد. اگرچه می توانند نشان دهنده آن باشد که (بگنولد، ۱۹۴۱، صفحه ۶۹):

$$V = \alpha (V - V_t) \quad \text{معادله}$$

که $V =$ سرعت باد در ارتفاع Z

$V_t =$ سرعت آستانه در ارتفاع k

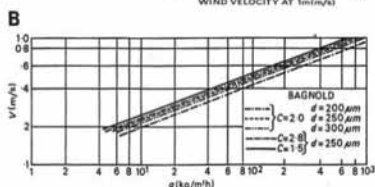
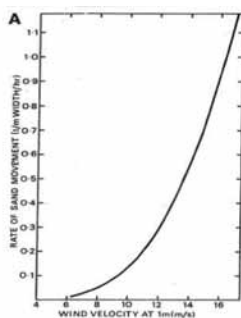
و $\alpha =$ ضریب ثابت به مقدار $(0.174 / \log^2 / k)$

از این رو احتیاج به سنجش سرعت شکافت اتمسفری از بین می رود، بنابراین معادله فوق می تواند به شکل زیر نوشته شود:

$$q = ac \sqrt{\left(\frac{d}{D}\right) \frac{p}{g} (v - v_t)^3}$$

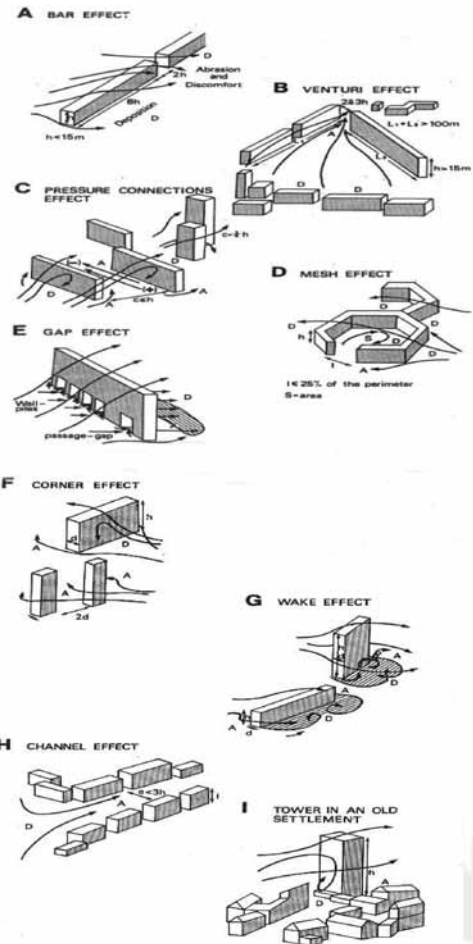
سرعت باد در یک متر (متر بر ثانیه) ،

نوشته عمودی: نسبت جابجایی شن (t/m پهنا بر ساعت)



نگاره ۸: (A): رابطه بین نسبت جابجایی شن و سرعت باد در یک ارتفاع استاندارد که آن ارتفاع یک متر می باشد ($C=1, A=0, d=250mm$).
 (B) قابلیت دریافت معادله تخمینی بگنولد (بعد از بگنولد ، ۱۹۴۱)

تعیین مقدار بالقوه فرسایش بادی تحت شرایط موجود است و همچنین یک راهنمای مفید برای تعیین سنجش مورد نیاز کنترل جهت کاهش فرسایش و رساندن به سطح قابل قبولی به حساب می آید.



نگاره ۷: تأثیرات حرکت باد در هوا (ایرودینامیک) متعلق به دسته بندی ساختمانها، بر روی رسوبات شن (D) و ساییدگی و شرایط نامساعد حاصله از شن و ذرات معلق در باد (A) (اصلاح شده از گاندمر، ۱۹۷۷).

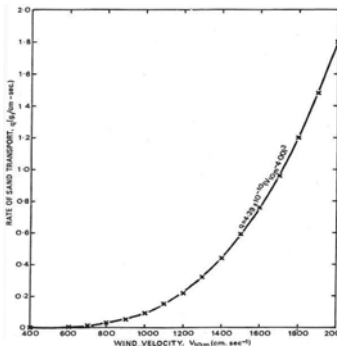
معادلات جزئی

معادلات جزئی کاملاً دقیق و قابل اتکا نمی توانند باشند اما می توانند در نواحی که ارزش معیارهای فراموش شده تغییری نمی کند مورد استفاده قرار گیرند. در نهایت آنها ارتباط جزئی برای ارزیابی فرسایش در مناطق وسیع به دست می دهند (یعنی به مناطق وسیع قابل تعمیم نیستند).
 بگنولد (۱۹۴۱)، معادله ای را برای پیش بینی نسبت جابجایی شن استخراج کرد:

$$q = \sqrt[5]{\left(\frac{d}{D}\right) \frac{P}{g}} V^3$$

معادله

که $Q =$ گردش کلی شن بر حسب (گرم بر سانتی متر بر ثانیه)



نگاره ۹: معادل تخمینی برای استفاده با سنجش و سرعت باد در یک ارتفاع استاندارد یعنی ۱۰ متر

جدول ۶: شاخص مربوط به آب و هوا و فرسایش باد، C

شاخص مناخی (در صد)	فرسایش باد
۱۷-۰	بسیار کم
۳۵-۱۸	کم
۷۱-۳۶	متوسط
۱۵۰-۷۲	بالا
بیش از ۱۵۰	بسیار بالا

منبع: یالون و گانور

$$R = \sum (C \Delta U \Delta A)$$

که $R =$ نسبت جابجایی

$C\Delta =$ افزایش تراکم

$u\Delta =$ افزایش سرعت باد

$A =$ ناحیه سطح متقاطع عمودی

استفاده از نسبت‌های تجربی بین تراکم، سرعت باد و ارتفاع:

$$R = Aa \left\{ \frac{1}{m} h - n10g + bh - n \right\} dh$$

$a =$ مؤلفه ثابت در نسبت تراکم به ارتفاع

$B =$ مؤلفه ثابت در نسبت سرعت باد به ارتفاع

$n =$ شیب ثابت نسبت تراکم به ارتفاع

$m =$ شیب ثابت نسبت سرعت باد به ارتفاع

$h =$ ارتفاع از روی زمین

پیروی از یک سری فرض‌ها و پنداشتهای پیچیده و وجایگزینی‌ها می‌تواند اینگونه نشان داده شود:

$$R = \frac{56}{Vd^{1.23}} \left[\frac{2.33}{M} + B \right]$$

که $Vd =$ میدان عملکرد در کیلومتر

سایر نمونه‌ها از قبیل یک معادله به وسیله فوتچس (۱۹۶۴) و رابینسون

(۱۹۶۸) تهیه شده‌اند.

اقدامات کنترلی

۱. اجتناب، تفکیک، یا کنترل

یک قاعده کلی استوار در مدیریت محیطی اجتناب از آشفتگی سطح

و نواحی پرخطر در حد ممکن است: اجتناب اغلب نسبت به کنترل هر

دوی آنها در دوره‌های کوتاه مدت و بلند مدت، مؤثرتر و کم هزینه‌تر است.

قرار دادن ارتفاع ده متری به عنوان ارتفاع استاندارد برای سنجش سرعت باد، یک معادله تخمینی می‌تواند برای استفاده با اطلاعات هواسنجی استاندارد نوشته شود.

$$q = \propto D \sqrt{\left(\frac{d}{D}\right) \frac{P}{G} (V_1 - V_T)^2}$$

$V_{10} =$ سرعت باد در ارتفاع ده متری مقدار

C, d, d' و V_T مکان به مکان متغیراند، این مقادیر می‌توانند از سنجش

های نمایه سرعت در طبیعت و یا در تونل‌های باد و یا از مقادیر استاندارد که

قابل حصول‌اند، تخمین زده شوند. برای ذرات یک شکل شن که دارای $0,25$

قطر هستند، $C = 1/5$ است، $K = 0,3 \text{ cm}$ و $V_T = 2/5 \text{ m/s}$ می‌باشند. برای

ذرات شنی متوسط $C = 1/8$ ، $K = 1 \text{ cm}$ و $V_T = 4 \text{ m/s}$ می‌باشند، $C = 1.8$ و

$d/D = 1$ می‌باشد، در نتیجه معادله به این شکل در می‌آید:

$$q = 4,39 \times 10^{-11} (v_1 - 4,0)^3$$

منحنی بر روی نگاره ۹ نسبتی از جابجایی یک ذره شن متوسط با قطر

ذره $0,25$ را ارائه می‌دهد. بسیاری از نسبت‌های تجربی محاسبات نسبت

جابجایی شن فراهم‌گشته‌اند (برای مرور به کار کک و وارن، ۱۹۷۳ رجوع

شود). نسبت بهبود دانه‌های برخان نیز به صورت موفقیت‌آمیز به وسیله

معادله بگنولد (۱۹۴۱) تخمین زده شده است.

$$C = \frac{q}{yh}$$

$q =$ نسبت جریان شن

$y =$ یک عامل انباشتن

$h =$ ارتفاع دانه‌ها

وزش طوفان گرد و خاک که به صورت تجربی به دست آمده مستقیماً

با توان سوم سرعت باد متفاوت است و برعکس توان دوم رطوبت موثر بر

روی سطح خاک است. با فرض اینکه میزان رطوبت متوسط سطح خاک

برای ته نشینی مؤثر مناسب باشد، مقدار وزش گرد و خاک می‌تواند با

استفاده از اطلاعات جوی محاسبه شود (چپیل و همکاران، ۱۹۶۲ و ۱۹۶۳).

$$C = \frac{v^3}{(p - e)^2}$$

توضیحات: $C =$ شاخص جوی در معادله فرسایش بادی جهانی

$V =$ سرعت متوسط سالانه باد (مایل بر ساعت) در ارتفاع استاندارد ۱۰ متر

و $P - E =$ ته نشینی مؤثر یا شاخص رطوبت (تولنویت، ۱۹۴۸).

معادله‌ای که برای استفاده از مقدار میانگین سالانه $2,9$ برای باغ شهر کانزاس

تنظیم شده بود.

جمله افقی: سرعت باد، جمله عمودی: نسبت انتقال شن

$$C = \frac{100v^3}{2.9p - E} \%$$

مزیت اصلی شاخص جوی این است که کار با آن آسان است و

اطلاعات هواشناسی در دسترس را به کار می‌گیرد، اما این شاخص تعریف

دقیقی از مقدار واقعی و نسبت فرسایشی ارائه نمی‌دهد و فقط اطلاعاتی

را در مورد قدرت فرسایشی زیر سمت دیگر خاک هم ارز و شرایط زمین

فراهم می‌کند. اطلاعات الحاقی و سایر معادلات تخمینی اگر تخمین میزان

دقیق و واقعی‌شن‌های جابجا شده ضروری باشد، ضرورتاً مورد نیاز هستند.



معرض جهت باد غالب و پرتو افکنی خورشید قرار می‌گیرند. انواع اصلی شرایط تثبیت پوشش گیاهی در مناطق خشک به صورت زیر گروه‌بندی می‌شوند:

شن‌های مناطق خشک و کم آب (با بارش سالانه ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر و تبخیر بالقوه ۱۵۰۰ تا ۱۶۰۰ میلی‌متر) تقریباً ۷ برابر) که psammophytes mesophyllous می‌تواند در آنجا رشد کند. در این نواحی امکان استفاده از طیف وسیعی از گیاهان مسدود کننده حرکت شن‌های روان وجود دارد. تثبیت پوشش گیاهی معمولاً با ایجاد پوشش گیاهی در نسبت گیاهان با استقامت بالا موفقیت‌آمیز است. پوشش سطح به سرعت گسترش پیدا می‌کند بنابراین شن‌های لم یزرع احتمال دارد بین ۵ تا ۱۰ سال در جای خود تثبیت شوند. شن‌های بیابان‌های خشک (با میانگین بارش سالانه ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر و تبخیر ۲۳۰۰ میلی‌متر) که mesophyllous psammophytes در این منطقه رشد می‌کند، تثبیت پوشش گیاهی در این مناطق امکان‌پذیر است، اما حفظ آن به آسانی انجام پذیر نیست. گیاهان جوان در این منطقه باید از بادبردگی و دفن شدن محافظت شوند، تنوع گیاهانی که حرکت شن‌های روان را خنثی می‌کنند بسیار محدود است. گونه‌های درختی در این ناحیه رشد نمی‌کنند. بوته‌ها، نیم بوته‌ها، و علف‌های همیشه سبز و یک ساله گونه‌های اصلی این مناطق را تشکیل می‌دهند. کاشت و نگهداری گیاهان در دوره‌های خشک سالی با شکست مواجه می‌شوند. نسبت توسعه پوشش سطح روند بسیار آرامتری دارد. شن‌های بیابان‌های بسیار خشک (بارش سالانه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و تبخیر ۲۸۰۰ میلی‌متر). مناطقی که ناکافی بودن پوشش گیاهی باعث می‌شود که تضمینی برای پوشش گیاه مانند در مقابل شن‌ها وجود نداشته باشد. تثبیت پوشش گیاهی در این شرایط بسیار نامساعد ناممکن است (باران کم و دمای بالا در خاک و هوا). تثبیت پوشش گیاهی در مناطق محدود باید با متوسل شدن به بهبود فیزیکی و شیمیایی با حمایت عملی فراهم شده به وسیله عملیات تثبیت سطح حمایت شوند. در زمینه انتخاب گیاهان مناسب برای نواحی مربوطه منابع نوشتاری فراوانی وجود دارند. بروشور بسیار وسیعی از گونه‌های گیاهی توسط کاول در سال ۱۹۷۰ ارائه شده است.

شن‌های بیابان‌های بسیار خشک (بارش سالانه کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و تبخیر ۲۸۰۰ میلی‌متر). مناطقی که ناکافی بودن پوشش گیاهی باعث می‌شود که تضمینی برای پوشش گیاه مانند در مقابل شن‌ها وجود نداشته باشد. تثبیت پوشش گیاهی در این شرایط بسیار نامساعد ناممکن است (باران کم و دمای بالا در خاک و هوا). تثبیت پوشش گیاهی در مناطق محدود باید با متوسل شدن به بهبود فیزیکی و شیمیایی با حمایت عملی فراهم شده به وسیله عملیات تثبیت سطح حمایت شوند.

در زمینه انتخاب گیاهان مناسب برای نواحی مربوطه منابع نوشتاری فراوانی وجود دارند. بروشور بسیار وسیعی از گونه‌های گیاهی توسط کاول در سال ۱۹۷۰ ارائه شده است.

ب) تجدید حیات طبیعی

حمایت از یک ناحیه که بر روی پوشش گیاهی اصلی موجود ناحیه تأثیر می‌گذارد، شاید در نتیجه باعث تجدید طبیعی و خود به خودی پوشش

مشابه با آن، در صورتی که آشفته‌گی سطح حتمی‌الوقوع باشد، در کل حذف آشفته‌گی بهتر است. قواعد این چنینی شدیداً به مسائل بادی مخصوصاً در حجمی وسیع و فعال از بسترهای دانه‌ای وابسته‌اند، که مقیاس نیروهای طبیعی قابل توجه و سنجش‌های کنترل‌علی‌رغم هزینه بر بودن و وسیع بودن آنها احتمالاً به نظر می‌رسد تنها مقدار موقتی به حساب بیایند.

بهترین ابزارهای اجتناب قرار داده شده در گزینش مکانهای محسوس نیازمند دانش اولیه در مورد مسائل موجود و یا بالقوه می‌باشند و بنابراین نقشه‌های محیطی سابق را می‌طلبند، حتی زمانی که مکان‌یابی عمومی توسعه شهری به وسیله سایر فاکتورها تعریف شوند، مکان مورد نظر باید به طور محسوس برای اجتناب و یا به حداقل رساندن برخورد با مشکلات بادی طراحی شود. برای مثال العین در شرق ابوظبی به دلایل سیاسی و آب و هوایی در نزدیکی واحه‌های قدیمی مکان‌یابی شد. اما نقشه شهر جدید به طور موفقیت‌آمیزی به نظر می‌رسد که مشکلات جدی بالقوه حرکت شن را به حداقل رسانده، مشکلاتی که ناشی از مجاورت این شهر با بستر دانه‌ای فعال و حجیمی به وجود آمده بود.

برخی از دانشمندان به تصور مقابله با مشکلات جابجایی دانه‌ها پیوسته بودند اما نظر آنها جابجایی مواد تشکیل دهنده توده‌های شن به وسیله تیم‌های زمین روب از مکان مورد نظر به مکانهای دیگر بود. یک راه‌حل قابل پیش‌بینی نادر و عجیب همان انتقال شن‌های روان از مکان مورد نظر و حذف مشکلات به طور کلی بود- اغلب یک راه کار هزینه بر بود اما فقط در مورد توده‌های کوچک شنی عملی بود. در آخر جایی که شن با حرکت خود به سمت جاده‌ها و مسیرها و سایر زیرساختها باعث مشکل می‌شد، پاکسازی یک راه‌حل اولیه ارائه می‌داد. اما نکته این بود که این راهکار هم باید به طور مستمر ادامه پیدا می‌کرد و هم بسیار هزینه بر بود. همانگونه که قبلاً اشاره شد راهکار انتقال دانه‌ها با فشرده سازی آنها متأسفانه در عمل موفقیت چندانی به دست نیاورد، چرا که عملکرد جریان هوا بر روی سطوح تثبیت شده جدید باعث بالا رفتن احتمال به هم پیوستن بسترهای متحرک می‌شد.

۲- تثبیت پوشش گیاهی

تثبیت پایدار حرکت شن و گرد و خاک غالباً به صورت موثر فقط در توسعه یک نوع پوشش گیاهی خاص هر منطقه دست یافتنی است. این راهکار معمولاً نیازمند استفاده از ترکیبی از روشهای مکانیکی، شیمیایی، و گیاه‌شناسی می‌باشد، حداقل تا زمانی که پوشش گیاهی تا حدودی در جای خود تثبیت شود.

الف) شرایط محیطی

اقدام‌هایی که برای تثبیت پوشش گیاهی انجام می‌شوند، باید عوامل زیر را مد نظر داشته باشند: رابطه‌های درونی بین معیارها و خصوصیات شهرنشینی و مسکونی زیرلایه‌ها، نازکی رسوبات شنی، درجه و خصوصیات طبیعی نمک‌زایی. ظرفیت ذخیره آب، مواد مغذی، و ساختار لایه‌های زیرین یا خاک، مقدار و کیفیت آب در دسترس گیاهان (از قبیل مکانیزم ته‌نشینی، رطوبت خاک، رطوبت هوا)، عمق سفره‌های آب زیرزمینی و خصوصیات شیمیایی آنها، نوع جابجایی و نسبت جایگزینی شن و گردوخاک روان در



ب) ریگ، ماسه و ماسه شسته بالاتر از دومیلی متر قطر در شرایط بادی مقاوم بوده و بهترین ابزار را برای تثبیت سطوح شنی فراهم می‌کنند (رجوع شود به *چیپل و همکاران ۱۹۷۳*)، حتی شنهای دانه‌ای (در جایی که جابجایی صورت نگیرد) می‌توانند به وسیله پراکندگی ریگ‌های بزرگ، کوچک و متوسط به شکلی واحد بر روی سطح تثبیت شوند. اغلب این مشکل وجود دارد هر چند، واقعاً برای پراکندگی مواد شنی به صورت مکانیکی بر روی سطوح شنی ناپایدار نیز وجود دارد. هزینه جابجایی این مواد حجیم، فاکتور مهمی در این روش محسوب می‌شود.

ج) نفت برخلاف روح خشن خود به صورت موفقیت‌آمیز در تثبیت مواد شنی در نواحی بزرگ با هزینه کم مورد استفاده قرار گرفته است. از آنجایی که پوشش گیاهی آخرین وسیله برای تثبیت سطح است، مواد نفتی نباید رشد گیاه را با اثرات سمی خود متوقف کرده و یا از نفوذ آب جلوگیری کنند. اطلاعاتی مبنی بر تأثیرات محیطی تثبیت نفتی، وجود خارجی ندارند. سه نوع مواد نفتی معمولاً در تثبیت استفاده می‌شوند. نفت غیر آسفالتی با قابلیت جذب کم (همان ماده‌ای که در جاده‌سازی به کار برده می‌شود)، نفت براق با قابلیت نفوذ بالا و قابلیت جذب زیاد و نفت خام (*کرو و نیگرا، ۱۹۵۲، سازمان خواروبار جهانی - دانیندا، ۱۹۷۴*).

د) پاشیدن مواد شیمیایی وسیعاً در تثبیت سطوح به کار گرفته می‌شود، آنها معمولاً به تیم‌های ویژه، و پرسنل حرفه‌ای نیاز دارند. مقادیر بسته به ساختار روغن، شیب زمین، فنون پاشیدن، و درجه تثبیت خواسته شده می‌باشند. گاهی اوقات به صورت همزمان بذر و کود نیز در زمین کاشته می‌شوند. در اصل پاشیدن روغن چند میلی‌متر در سطح نفوذ کرده و جایی که آب پایه بستر شنی در حال تبخیر است و ذرات با ذرات شن مانع با هم باقی می‌مانند، رشد و نمو گیاهان به وسیله نفوذ آب در میان لایه‌های تثبیت شده حمایت می‌شود. زبان‌های به بار آمده از تبخیر غالباً به وسیله لایه تثبیت شده تقلیل می‌یابند. اما رشد و نمو مخصوصاً در جاهایی که مواد نفتی و شیمیایی متمرکز شده‌اند متوقف می‌شود. بازسازی مکانی پوسته‌های شیمیایی باید محافظت شده و یا پوسته به وسیله دوباره پاشی یا دوباره افشانی تأمین گردد، چون که تنزل سریع زمانی آغاز می‌شود که قابلیت خرابکاری در پوسته و شکستن آنرا دارد. بسیاری از تثبیت‌کننده‌های شیمیایی فقط موقتی هستند و بعد از یک سال یا همین حدود از هم پاشیده می‌شوند و هزینه بر نیز می‌باشند. بنابراین معمولاً تنها زمانی از آنها استفاده می‌شود که با سایر روش‌ها به کار گرفته شود، روش‌هایی از قبیل تثبیت پوشش گیاهی. لیست زیر اگرچه جامع نیست اما شامل مهمترین محصولات تثبیت شیمیایی می‌شود:

فیبرهای سلولزی چوب، با کودهای آبی و بذر گیاه با یک عنصر مقاوم (از قبیل آسفالت یا صمغ درختان)، برای تولید یک سیستم آب‌پاشی نرم ترکیب می‌شوند. شبرابه صمغ آب ترکیب بسیار مقاومی بر روی خاک‌های شنی شکل می‌دهد، اما این ترکیب مقاوم سریعاً بر روی زمین‌های اشباع شده تجزیه می‌شوند. بذرها در این ترکیب مقاوم همان توقف رشد خود را دارند بنابراین بذرها باید قبل از آب پاشی پاشیده شوند (*راسکلر و والرگا، ۱۹۷۰، راسکلر و کانکل، ۱۹۷۴*). شبرابه‌های محلول در آب یک غشای سطحی نازک ایجاد می‌کنند که براحتی در سطح نفوذ نمی‌کند. به منظور کنترل مؤثر

گیاهی شود. اگرچه سرعت و تأثیر این واکنش عمیقاً با شرایط محلی متفاوت خواهد بود، تا حد زیادی به مرحله زوال پوشش گیاهی و خاک و همچنین اندازه‌های مربوط به نواحی تضعیف شده و تضعیف نشده مجاور نواحی تجدید پذیر بسیار وابسته است. در کل تجدید حیات وقتی که شرایط جوئی بسیار خشک باشد، آرام‌تر صورت می‌گیرد، سطح خاک و پوشش گیاهی ضعیف می‌شود. تجدید حیات کلاً بستگی به شرایط آب‌های زیرسطحی دارد که مشکلات تنزل ناحیه ای در آنها کمتر است.

ج) تجدید حیات انسان ساخت

شامل نوعی از دستکاری در زیست محیط طبیعی از طریق گیاه‌زایی با گونه‌هایی است که یا به پوشش گیاهی آن منطقه تعلق دارد و یا ندارند. بعضی از ابزارهای سنجش استفاده شده در اینجا در رابطه با آنها می‌باشند که برای حفاظت خاک در مقابل فرسایش بادی استفاده شدند، از قبیل شخم زدن موازی، باروری زمین‌های بایر و استفاده از کودها و مالچ‌ها (*مراجعه شود به کوپ و دولکم، ۱۹۷۴*)، برای مثال استفاده از کودهای مناسب و مغذی در بارورسازی نواحی شنی برای تجدید حیات گیاهی دور از انتظار نیست، در شن مقدار مواد مغذی عموماً پایین است، بنابراین مقدار زیادی کود در داخل شن همیشه برای نگهداری نسبت بالای گیاهان ضروری است. هیچ چیز با کشت و کار و کاشتن ترکیب بذرهای پیچیده در یک خاک با مواد مغذی ناکافی رشد نمی‌کنند، در یک زمان واحد، قابلیت نفوذ بالا، ظرفیت رطوبتی پایین با قدرت جذب پایین‌تر شن باعث شسته شدن کودها و ایجاد مشکلات بالقوه جدی می‌شود.

مالچ‌ها فرسایش را به وسیله نگهداشتن سطح فرسایشی کنترل می‌کنند (*چیپل و همکاران ۱۹۷۳*). اینجا پس مانده‌های گیاهی مؤثر به مقاومت آنها در برابر فرسودگی و ظرفیت آنها و جهت‌گیری (هرچه راست‌تر و عمودی بهتر)، و پس مانده‌های هرچه بهتر و با ظرفیت‌تر و کامل‌تر فرسایش را کامل می‌کنند. ابزارهای مختلف قطع پوشش گیاهی، مقادیر مختلفی از پس مانده‌ها نگهداری می‌کنند، در شن روان تکیه گاه طبیعی کوچک مالچ ایجاد شده، بنابراین تثبیت مصنوعی و انسان ساخت مورد نیاز است. به این منظور هر دو آسفالت مختلف بهبود یافته و آسفالت زود جذب در میان سایر مواد نماینده‌های بهتری هستند.

تثبیت سطح

در بعضی شرایط مخصوصاً در نواحی بسیار خشک تثبیت پوشش گیاهی در مقابل شن‌های روان غیرممکن است. بنابراین تثبیت شن باید با پوشش دهی ویژه سطحی و یا موانع ساخت دست انسان انجام گیرد. الف) آب تنها ماده ای است که سطحی را به خوبی تثبیت می‌کند، به شرطی که سطح خیس نگهداشته شود، اگر سطح خشک شود همانطوریکه این پدیده در نواحی با تبخیر بالا سریعاً رخ می‌دهد، حمایت دیگر عملی نمی‌شود. خرسی پایدار نیازمند پاشیدن مکرر آب می‌باشد. اما مواد معدنی و رسوبات بهبود یافته از آبیاری احتمالاً چسب محافظتی مناسبی را شکل می‌دهند. این روش هزینه‌بر، اما غالباً بهترین راه حل ممکن است.



نزدیک به سطح زمین باشند، عملیات بادشکنی که توسط گیاهان زنده انجام می‌گیرد می‌تواند در کنترل فرسایش مفید واقع شود. مطالعات انجام شده در مورد بادشکن‌ها برای کنترل فرسایش در سطح وسیعی در آمار و گزارشات موجود می‌باشد (کابورن، ۱۹۵۷، رید، ۱۹۶۱، استکلر، ۱۹۶۲؛ ون ایمرن و همکاران، ۱۹۶۴؛ بالتاکس، ۱۹۶۷، سازمان خواروبار جهانی، ۱۹۶۹؛ بیمایا، ۱۹۷۶؛ تینوس، ۱۹۷۶).

بادشکن‌ها در کنترل فرسایش بادی به دو رویه اصلی کمک می‌کنند- آنها قدرت شکاف دادن باد سطحی را کاهش می‌دهند، و حرکت شن و گرد و خاک را متوقف می‌کنند. کنترل بهینه فرسایش بادی وابسته به به کارگیری متغیرهای طراحی، از قبیل، پرمنفذی، پراکندگی پرمنفذی، ارتفاع، پهنا، شکل، و قدرت جهندگی می‌باشد. جهت‌گرایی نیز مهم می‌باشد- برتری نیروهای بادی (اسکیمور، ۱۹۶۵، اسکیمور و وودروف، ۱۹۶۸)، می‌تواند در معلوم کردن اکثر جهت‌گیری‌های مهم مورد استفاده قرار گیرد (در زاویه‌های درست نسبت به نیروهای غالب فرسایش بادی).

بادشکن‌ها می‌توانند در بهبود مؤثر میدان دید و کیفیت هوا مؤثر واقع شوند. براساس مطالعات هوندا (۱۹۷۴)، گیاهان می‌توانند به طور مناسب با تناسب معکوس نسبت به پرمنفذی و خصوصیات طبیعی رابطه وابسته به خصوصیات گرد و خاک و پوسته حصار خوبی برای شن‌ها باشند. در حالی که کاهش پرمنفذی برای محاصره شن تسلیم می‌شود، اما مناطق نهایی تلاطم بالا در باد پناه حصارها به وزش شن‌ها وابسته است. روشن است که سازشی برای انتخاب بهینه ضروری می‌باشد. بادشکن‌ها دارای محدودیتی هستند آنها تلاشی را در رقابت برای نواحی مجاور برای رطوبت و مواد مغذی به عمل می‌آورند (ارجاع به وودروف و همکاران، ۱۹۵۹). بادشکن‌ها هزینه بر هستند، نواحی محدود پناهگاهی می‌باشند، ساخت آنها بسیار زمان بر است، به آب نیاز دارند، و ثابت هستند).

ج) حصارهای منحرف کننده می‌توانند از مواد منحرف کننده ساخته شوند. از قبیل پنل‌های چوبی، صفحات آهنی، دیوارهای سنگی، و روشن است که باید به اندازه کافی در برابر باد مقاوم باشند. معمولاً این حصارها در یک شیب مشخص و یا در یک الگوی V مانند، بر یک زاویه تند نسبت به جهت باد برپا می‌شوند. هرچه تندی زاویه بیشتر باشد، طول عمر حصارها بیشتر می‌شود، اما از محافظت نواحی کاسته می‌شود.

ارتفاع حصارها در کمترین حالت از آنجا که اکثر آنها در ارتفاع ۳۰ سانتی متری از سطح حمل شده‌اند، در حداقل نگه داشته شده‌اند. سطوح اطراف حصارها برای اجتناب از فرسایش باید تثبیت شده باشند، به عبارت دیگر امکان فروریختن فنس از طریق خالی شدن زیر آنها وجود دارد. حصارهای منحرف کننده، طبیعتاً هزینه‌بر هستند، معمولاً موقتی‌اند و اغلب نیازمند پاکسازی تجمع بادپناه‌ها می‌باشند.

د) حصارهای بازدارنده. نگاره ۱۰ برخی از انواع حصارهای بازدارنده را به ما شناسانده است. جالب آنکه این حصارهای ارزان قیمت، ممکن است از پوشش‌های گیاهی محلی از قبیل ساقه‌های درخت نخل برپا بشوند. در واقع استفاده از توان دوم‌های لوبین، شبکه‌ای از خطوط بوته‌هایی که یک فضای تقریباً دو متری را در برمی‌گیرد، که ناحیه‌ای بزرگ از ترکیب سمت باد که نیاز به حمایت دارد را پوشش می‌دهد، که مخصوصاً موفقیت‌آمیز بوده است

فرسایش بادی، پوشش باید دائمی باشد که اگر درگیر بادهای فرسایشی شد بتواند از نفوذ آب جلوگیری کند، برای اجتناب از شکستن پوسته و شیرابه باید همراه آب خنثی رقیق شده و این عمل حداقل در شعاعی برابر شعاع کل آن ناحیه بزرگ باشد. راهکار آهار ژلاتینی، که نسبت به موارد بالا ناپایدار است، سریعاً تجزیه می‌شود، اما بسیار ارزان و کم هزینه است.

تأثیر و هزینه مواد

قیمت و تأثیر مواد تثبیت کننده به راحتی قابل اندازه‌گیری نیست از آن جهت که تا حد زیادی بستگی به شرایط ساختار محلی زمین و شرایط اقتصادی دارد. برای مثال در زمین سطحی شاید امکان استفاده از گروه‌های کشاورزی مناسب وجود داشته باشد و پاشنده‌های پیشرفته در دسترس باشند از آنجایی که در نواحی دانه‌ای آب پاشی دستی شاید ضروری باشد و یا تیم‌هایی با ماشین‌های دو دیفرانسیل مورد نیاز باشند. برای محاسبات بیشتر به کار چپیل و همکاران (۱۹۶۰ و ۱۹۶۳) لایل و همکاران (۱۹۶۹)، آرمیراست و دیکرسون (۱۹۷۱ مراجعه شود). سازمان حمل و نقل آریزونا در سالهای ۱۹۷۴ و ۱۹۷۵، بررسی تجربی مفیدی را در مورد تثبیت کننده‌های (نگهدارنده‌های گردوخاک) با حجم بالفعل در کنترل گردوغبار و فرسایش در طول بزرگراه‌های سرزمین‌های خشک تهیه کرد.

حصارها (پرچین‌ها)

الف) حصارها، مدل سازی آزمایشگاهی و فرضیه‌ای، تأثیر هرگونه حصار وابسته به رابطه بین شدت جریان بادهای آزاد، شیب نواحی محصور شده و سرعت آستانه مواد سیال می‌باشد. منطقه حفاظت شده درون هرگونه حصار، با افزایش سرعت باد از مساحت شان کاسته می‌شود. مؤثرترین حصارها، حصارهایی نیمه تراوا می‌باشند، اگرچه کاهش سرعت باد توسط آنها نسبت به حصارهای قابل نفوذ کم‌تر است، از ریزش شن‌ها و تأثیرات متعدد آنها جلوگیری کرده و تأثیر آنها، باعث بیشتر شدن جهت‌های باد می‌شود (باعث می‌شود باد در برخورد با حصار از جهات مختلف دیگری بوزد). حرکت آبرودپناه‌میک یک بادشکن قاعداً آسان است، بادشکن نیروی کششی بر روی باد ایجاد می‌کند، که باعث به وجود آمدن شبکه‌ای از بی حرکتی‌ها می‌شود و بنابراین یک تأثیر تکیه گاهی به جا می‌گذارد (هاگن، ۱۹۷۶)، جریان جاری در میان بادشکن کاهش پیدا کرده و کشش بادشکن به محض این که بادشکن کاهش پیدا کند افزایش می‌یابد (ارجاع به سینس، ۱۹۵۴ و بالتاکس، ۱۹۶۷). تحت شرایطی که حصار منفذهای زیادی داشته باشد، منطقه‌ای از جداسازی جریان بزرگ مقیاس در بادپناه بادشکن اتفاق می‌افتد- پرمنفذی پایین جریان مخالف تلاطم قوی تر در منطقه جدا شده (کاسترو، ۱۹۷۱، راین، ۱۹۷۴، مولهون و برادلی، ۱۹۷۷). بنابراین لزوم ایجاد تمایز بین کاهش باد اصلی و حمایت باد حس می‌شود، درحالی که بادشکن‌های بدون منفذ کاهش بیشتری در سرعت باد اصلی اعمال می‌کنند، تلاطم عظیم‌تر در جهت بادشکن احتمال دارد که آن را برای هرگونه محافظتی در برابر باد بی اثر کند.

ب) کمربندهای حفاظتی و پوشش‌های گیاهی بادشکن. جاهایی که آب کافی برای آبیاری در دسترس باشد و یا سفره‌های آب زیرزمینی به صورت منطقی

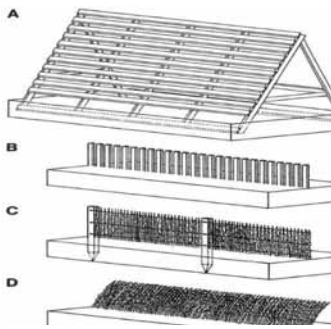


ورودی و خروجی ضد طوفان، چهارچوب‌های محافظ پنجره، و ابزارهای مقاوم در آب و هوای مختلف مطلوب است که برای ساختمانها نصب شوند. پیکربندی ساختمانها می‌تواند به حل مشکلات جابجایی ذرات گرد و خاک و شن کمک کند. اثر مانع (نگاره ۷ A) می‌تواند با ضمانت اینکه ساختمانها به حد کافی جداسازی شده‌اند به حداقل برسد.

بنابراین نواحی دارای قدرت خودپاکسازی بدون شرایط نامساعد غیرملزوم هستند. مناطق نامساعد فرض شده با تونل مخاطرات می‌تواند با کاهش ارتفاع ساختمانها، و خالی کردن فضای باز بین نیروهای همگرا از مخاطرات طبیعی در امان بمانند.

این عمل به باد اجازه عبور از روی کانال ایجاد شده در بین ساختمانها سریع‌تر از میان آن می‌دهد (نگاره ۷ B).

تأثیرات ارتباط فشرده (نگاره ۷ C) و زیانهای سابق متقاطع تعریف شده با ضمانت اینکه ساختمانها در جهت عمود بر جهت باد ساخته شده‌اند از بین می‌رود، و اگر ساختمانها اینگونه شده باشند، ساختمانها حداقل فضای خالی بین خود را معادل با ارتفاع ساختمانها گسترش داده‌اند. تأثیرات فاصله (نگاره ۷ A) می‌تواند به وسیله ارتفاعهای ساختمانسازی حصار مانند به حداقل برسد.



نگاره ۱۰: انواع حصارهای بازدارنده شن

الف) حصارهای برقی نوع الف که در قسمتهای سیار نصب شده‌اند،

ب) حصارهای پرچینی - هر کدام از قسمتهای این حصار متحرک می‌باشد، با کارگذاری و نگهداری آسان،

ج) حصارهای تیرکی که به هر کدام از تیرکها شبکه‌ای از سیم بافته شده است، این حصار غیر متحرک بوده و هر زمان که برای انباشت دانه‌ها مورد نیاز باشد دوباره کارگذاشته شود

د) حصارهای سیمی، احتمالاً ارزان‌ترین حصار برای کارگذاشتن در جایی که سیم در دسترس باشد. این حصارها باید هر زمان که دانه‌ها در پای آن کاملاً انباشته شدند از جا کنده و دوباره کار گذاشته شوند. (بعد از مک لافلین و براون، ۱۹۴۲).

۱) ایجاد سطح شیب دار روبه باد دوتایی در جهت مسیر باد وزنده از زیر حصار ۲) ایجاد سطح شیب دار تکی روبه باد در جهت باد فوقانی ۳) حصار ۴) برش زیرین ۵) باد غالب ۶) حصارهای بازدارنده منطبق شده ۷) حصارهای کنترل جریان پیرامونی ۸) باد غالب ۹) حصار کلیدی لحاظ شده ۱۰) مکان تحت حمایت

(مراودات شخصی فوکس). تأثیر این گونه حصارها در کاهش ظرفیت حمل ذرات توسط باد هم پیش از مانع و هم پس از مانع می‌باشد (نگاره A ۱۱). حجم ذرات انباشته شده در اطراف حصارها، نسبت معکوس با ارتفاع آنها دارد (کرو و نیگرا، ۱۹۵۲).

بار اول که حصارها جاگذاری می‌شوند به نظر می‌رسد که سریعاً پر می‌شوند، اما جایگذاری بعدی آنها عمر مفید حصارها را به طور مؤثری به چهار برابر افزایش می‌دهد، جایگذاری آنها برای سومین دفعه طول عمر آنها را به طور حیرت‌آوری تا نه برابر افزایش می‌دهد (جدول ۷). ارتفاع بالفعل و لازمه و مراحلی که در آن مشخص می‌شود که در کدامیک از این مراحل ارتفاع بالا برود مستقیماً به نسبت انتقال شن بستگی دارد - فاکتور مقدار هر دو عامل تخمینی ارتفاع و طول عمر حصار و فاکتوری که به آسانی قابل تعیین است. تأثیر حفاظتی یک حصار زمانی که توسط انباشت شنی که شکل طوفانی به خود گرفته دفن شود، پایان می‌یابد، از این رو باد بدون آنکه ظرفیت انتقال خود را از دست دهد، از آن عبور می‌کند.

حصارها باید در فاصله‌ای از مکانی که وظیفه حفاظت از آن را دارند کار گذاری شوند و در زاویه درستی نسبت به مسیر باد غالب کارگذاشته شوند. یک سیستم سه حصاره برای ایجاد اتصال با تثبیت سطح بین حصار بعدی و مکان حفاظت شده استفاده شده است که این امر نشان می‌دهد که این سیستم مقاومت زیادی دارد و استفاده از آن هزینه کمی را تحمیل می‌کند (نگاره B ۱۱).

توده‌های شنی به طور عمده حول حصار شماره یک جمع می‌شوند. همزمان با کاهش تأثیر حصار شماره یک توده‌های شنی، در پای حصار شماره دو افزایش پیدا می‌کنند و حصار شماره یک نیاز به سربرآوردن و بیرون آمدن از زیر توده‌های شن دارد. نقش حصار شماره سه بیرون آوردن حصارهای شماره ۱ و ۲ از میان شن‌های انباشته شده می‌باشد.

ارتفاع حصار شماره یک تا زمانی که توده‌های انباشته شده پای حصارها، حصار شماره ۲ را کاملاً پوشش ندهد است، قابلیت افزایش دارد، از این رو حصار دیگر می‌تواند در جهت روبه باد کارگذاری شود. ساویچ (۱۹۶۳)، از حصاربندی چوبی و سیمی در ذرات ساحل در شرایط جوی معتدل استفاده کرد، و به این نتیجه رسید که ارتفاع مؤثر حصار با برپا کردن حصار در ارتفاع پایه ۰/۳ متر از سطح زمین افزایش پیدا می‌کند، که در این حالت نسبت به حصاربندی که با زمین در ارتباط است آهسته‌تر پر می‌شود. او دو روش از ساختمان دانه‌ها را پیشنهاد کرده و نتایج و روش‌های کاملاً در کار خودش با بوتهاوس تشریح شده‌اند (۱۹۶۸).

مانوهار و برون (۱۹۷۰) نتایج مشابهی را در مورد گسترش ذرات و انباشت آنها اطراف حصارها مشاهده کردند.

کنترل مهندسی و معماری. خانه‌سازی و سکونت‌ها باید به گونه‌ای طراحی شوند که مشکلات مربوط به جابجایی ذرات خاکی و شن را کاهش داده و یا به کلی حذف کنند و این امر از طریق برای مثال توجه به چیدمان، طرح‌بندی و جهت خانه‌ها (دوشنیز، ۱۹۵۸) صورت می‌گیرد. دیوارها، درها و پنجره‌ها ترجیحاً در خلاف جهت باد باشند تا نفوذ ذرات گردوخاک و شن به خانه به حد اقل برسد. سیستم‌های تهویه هوا مطلوب باشند درهای



با یک هرم پیرامونی یا شکلی نیم کره‌ای که مشکلات وزش شن و ذرات خاک به همراه باد و ته نشینی آنها را به حداقل برساند، باد ممکن است از اطراف شکل و اطراف گوشه‌های شکل عبور کند. بسیاری از ابزارهای سنجش و کنترل که قبلاً طرح ریزی شده بودند باید در پیوست به کاربری دسته‌بندی ساختمانها به کار گرفته شود، چون که سراسیمه‌ها در هر پیکربندی‌ای مناطقی را به عنوان پناهگاه (محل انباشت) مکان‌یابی می‌کنند که این مناطق دارای مشکلات رسوب‌گذاری تعریف شده یا مشکلات شتاب بادی می‌باشند.

تثبیت ذرات و تخریب آنها

انباشتن و فشرده‌سازی ذرات راه حل مناسبی برای مشکلات ناشی از جابجایی ذرات خاک و شن نیست. سطح مسطح شن ناپایدار است، و ذرات شنی سریعاً شروع به پس رفت می‌کنند. انتقال دانه‌ها هزینه‌بر است، و فقط زمینه بهبود موقتی وضعیت را فراهم می‌کند. تخریب دانه‌ها به وسیله حفاری - که به وسیله حفاری طولی و متقاطع با خاکبرداری در میان دانه‌ها برای تخریب همگنی بافت ذرات صورت می‌گیرد، انجام می‌شود - این عمل گذشته از آن هزینه‌بر و موقتی است. ذراتی که در فاصله قابل توجهی از مکان در معرض خطر قرار دارند، (حداقل ۲۰ برابر ارتفاع ذرات) می‌توانند به بهترین نحو به وسیله حصارها و یا ترمیم سطوح تثبیت شوند.

حصارهایی که در جهت روبه باد نصب شده‌اند باعث ته‌نشینی محلی ذرات در پای حصارها می‌شوند. زمانی که تأثیر پناهگاهی حصارها به طور مؤثری کاهش یابد، باد شن بیشتری را با خود از همان سمت روبه باد حصارها حمل می‌کند، و این عمل بدین شرط صورت می‌گیرد که حصارهایی که در زیر آوارشدن مدفون شده‌اند، از جا کنده نشده و دوباره در جای بهتری به صورت باد پناه نصب نشوند. و در آخر ذرات سریع‌تر منتقل شده و از اندازه و حجم آنها کاسته می‌شود. پراکندگی ذرات و تسریع در آن زمانی ممکن می‌شود، و تسریع در آن صورت می‌گیرد که فضای بین حصارها و ذرات به وسیله سطوحی برای جلوگیری از فرسایش بادی شنی پوشیده شده باشند. زمانی که سمت روبه باد سطوح دانه‌ای به وسیله نفت، مواد شیمیایی و غیره تثبیت شده باشد، ذرات دانه‌ای دیگر حمل نمی‌شوند، اما ذرات شنی که به ارتفاع یک فوتی سطح شیب‌دار روبه باد رسیده‌اند، به وسیله بادی به سرعت بالاتر از بالای سطح تثبیت شده حمل می‌شوند. برای مثال خطوط هلالی شکل بیرون یک برخان، زمانی که شن‌ها سمت باد پناه انباشته می‌شوند به حالت بیضی شکل که در مقابل باد مقاومت دارد تغییر شکل می‌دهند، بنابراین ذرات تثبیت شده در چند مرحله ناحیه ذرات اصلی را به تسخیر خود در می‌آورند (نگاره ۱۲). و جابجایی داخلی شن همچنان به روی دانه‌ها ادامه دارد. به دلیل رشد بادپناهی قابل توجه دانه این ماده زمانی می‌تواند به کار گرفته شود که جابجایی بنیادی آن در مسافتی حدود سه برابر وسعت عملکردی دانه از مکان مورد حمایت باشد. وقتی که ذرات در حال انتقال بیش از حد به مکان حفاظت شده نزدیک باشد، شیب سمت باد در یک روبه تثبیت شده و حصارهای بازدارنده شدن در برابر جهت وزش باد نصب می‌شوند. حصارها مقدار انباشت شن را در یک فوتی ارتفاع ذرات کاهش داده و بنابراین از رسوب‌گذاری بادپناهی آنها جلوگیری می‌کند. تثبیت

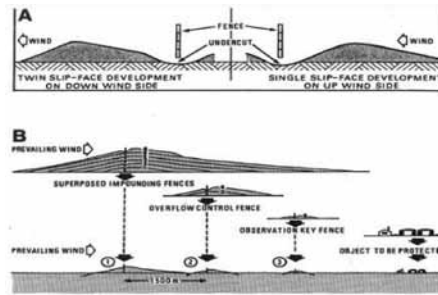


FIG. VII.11 (A) Impeding effect of porous fence; (B) Three fence system to protect extensive areas, such as villages, shops, industrial plants etc. (after Kerr and Nigra, 1952)

TABLE VII.6
Effective life schedule of an imposing fence north of Dhaqran Stabilizer

Fence increment	Total height (M)	Observed effective life of barrier (Years)	Estimated effective life of barrier (Years)
1	1.5	1	8
2	3.4	2	41
3	4.9	3	121
4	6.8	4	18
5	7.6	5	24
6	9.1	6	32
7	10.6	7	40
8	12.1	8	50
9	13.7	9	20
10	15.2	10	300
20	30.4		

Source: Kerr and Nigra (1952).

نگاره ۱۱: (A) تأثیرات بازدارنده مربوط به حصارهای پرمفند (B) سیستم حصار سه تایی برای حمایت از نواحی وسیع از قبیل آبادی‌ها، فروشگاه‌ها، فضاهای باز، گیاهان صنعتی و غیره (بعد از کر و نیگرا، ۱۹۵۲)

جدول ۷: فهرست عمر مفید یک حصار بازدارنده شمال تثبیت کننده ظهران

عمر مفید تخمینی حصارها	عمر مفید مشاهده شده حصارها (به سال)	ارتفاع کلی	پراکندگی حصارها
۱	۱	۱.۵	۱
۲	۲	۳.۴	۲
۳	۳	۴.۹	۳
۴	۴	۶.۸	۴
۵	۵	۷.۶	۵
۶	۶	۹.۱	۶
۷	۷	۱۰.۶	۷
۸	۸	۱۲.۱	۸
۹	۹	۱۳.۷	۹
۱۰	۱۰	۱۵.۲	۱۰
۲۰	۲۰	۳۰.۴	۲۰

منبع: کر و نیگرا (۱۹۵۲)

تأثیرات کانالیزه کردن باد (نگاره V F) می‌تواند با جهت‌گیری دقیق ساختمان تقلیل یابد. کیسه‌های هوای تولید شده به وسیله دسته‌بندی شبکه‌ای (نگاره V D) به عنوان مزیتی عظیم در طراحی ساختمانها می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. ابعاد شبکه‌های توری مشخص کننده این است که باد از اطراف تور شبکه‌ای عبور می‌کند و یا به درون آن می‌وزد. گاندمر (۱۹۷۷) کارآمدی‌های بی بعدی را پیشنهاد داد که

$$S / \text{hm}^2$$

S = ناحیه سطح شبکه توری

hm = ارتفاع متوسط

که این معادله مسیر باد را چه از اطراف شبکه بگذرد و چه از داخل آن تعیین می‌کند.

نکته: یک شبکه توری بسته با فضای باز برای باد پناه و: $S/h_m^2 \leq 20$



مطالعه موردی

کاهش ذرات گرد و خاک در آگنیو، غرب استرالیا. عملیات پیشنهاد شده استخراج و کاوش نیکل به وسیله یک شرکت استرالیایی. عملیات استخراج این شرکت باعث به وجود آمدن مشکلات فرسایش بادی جدی در شهر آگنیو و شهرک جدیدی که بر روی یک پوسته شنی با ده متر ارتفاع قرار دارد شده که جهت حرکت دانه‌ها را از شمال به غرب و از جنوب به شرق تغییر داده است.

بادهای مؤثر غالب در این نواحی از شمال غربی به جنوب غربی می‌وزند. اکثر دوره‌های بحرانی در تخریب سطوح از اکتبر شروع شده و تا فوریه ادامه دارد و این زمانی است که بادهای نیرومند غربی می‌وزند و بارش نیز در حداقل میزان خود قرار دارد و از سطح بالایی از تبخیر نیز مشاهده می‌شود. پراکندگی فصلی و بارش کلی در این نواحی بسیار متغیر است. میانگین بارش سالیانه در این مناطق ۲۰۰ میلی متر است، اما مقدار آن برای هر یک سال می‌تواند تا دو برابر پیش برود، و مقدار آن شاید در بسیاری از نواحی صفر باشد. جنگل‌های با ظرفیت‌های مختلف به این نواحی هویت داده‌اند. درختان در این مناطق دارای حداکثر ده متر ارتفاع و دارای تاج‌های دورانی می‌باشند.

شماری از بوته‌ها و گونه‌های درختان ممکن است پتانسیل برنامه‌های کاشت مجدد را داشته باشند: افاقیا، کمپینیا، ارموفیلا، استریاتکالیکس اکالیپتوس، گانگیلوکارپا، الدفیلدی.

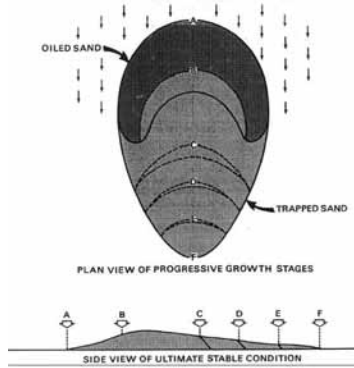
مارشال و چرچ وود (۱۹۷۴) از بخش مدیریت منابع زمینی، CSIRO، لیستی از راهبردهای ترمیم و کنش‌های ضروری برای حمایت پایداری سطوح خاکی تهیه کردند (جدول ۸). روش‌های پیشگیری که آنها توصیه کردند، باید برای هر کار توسعه‌ای انجام شوند. اصولاً مزایای کاهش ناپایداری سطوح در محیط‌های مطبوعی که مردم مشغول به زندگی و کار هستند بازتاب داده می‌شوند. منافع و کاربردهای دیگر شامل بهبود سطح محیط‌های قابل دید؛ تدارک با هزینه سازگاری کم در فرم پارکها، دنباله‌های طبیعی، و نواحی تثبیت شده؛ و ارزشهای علمی نگهداری محل سکونت مختل نشده، می‌شوند.

خلاصه

این فصل بازنگری خلاصه‌ای را در مورد مشکلاتی که به وسیله فرایندهای بادی در سکونت‌گاه‌های سرزمین‌های خشک به وجود آمده‌اند، ارائه کرده است، و همچنین پی آمدهای فیزیکی که در پس آنها به وجود می‌آیند و گستره اقدامات مدیریتی که به رفع این مشکلات کمک می‌کند نیز بررسی شده‌اند. شماری از پیشنهادها و راهکارها در این فصل درج گردیده‌اند که نشان دهنده موفقیت مطالعه بررسی و کنترل جابجایی شن و ذرات گرد و خاک در سرزمین‌های خشک است. اما در پیگیری راهکارهای فراگیر ارائه شده نیز مشکلاتی وجود دارد. پیشنهاد اول آن بود که راهکارهای پیشنهادی فقط هماهنگ با شرایط یک منطقه مشخص باشند. راهکار دوم پیشنهادی، ارزیابی شرایط و نتایجی بود که برای روشن سازی قواعد مناسب در مورد جابجایی رسوبات و حرکت باد مطرح گردیده بودند.

اگر جابجایی ذرات شن و ریگ روان مشکلی بالفعل و یا بالقوه در یک سکونت‌گاه شهری باشد، در صورت رفع خطرات ناشی از آنها می‌توان انتظار

بسترهای دانه‌ای به وسیله پوشش گیاهی هم هزینه بر است و هم مدیریت بسیار پیچیده‌ای را می‌طلبد. برای اینکه پوشش گیاهی عملکرد موفقیت آمیزی داشته باشد باید تجمع و انباشت رسوبات به گونه‌ای قطع شود که جلوی بادبردگی شن‌ها و دفن عوارض در میان آنها گرفته شود. و سطح درخت کاری شده نیز باید تثبیت شود.



نگاره ۱۲: تثبیت ذرات به

وسیله نفت پاشی

(بعد از کر و نیگرا، ۱۹۵۲)

- ۱) شنهای نفتی (۲) شن‌های محصور شده (۳) نمایی از رشد تصاعدی (۴) نمای جانبی از شرایط پایدار نهایی

نگاره ۱۳: تغییر شکل

پوشش گیاهی ریگهای

حمل شده متقاطع با

ریگ‌های سهمی وار؛

۱) لحظه نزدیک شدن

ریگ‌های سهمی وار به بوته؛

۲) بخش تثبیت پوشش

گیاهی ریگ‌های متقاطع،

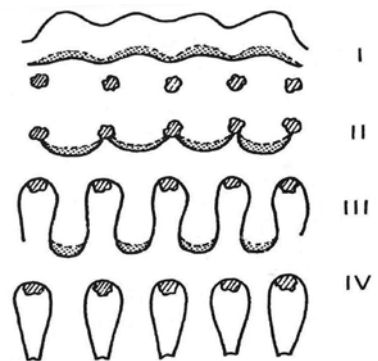
امکان پذیر شدن انتقال و

جابجایی بخش آزاد آنها در میان شکافها بین بوته‌ها و شکل‌گیری ریگهای

سهمی وار؛ ۳) مرحله پس آیند در تغییر شکل ریگهای سهمی وار و کشیدگی

آنها؛ ۴) مرحله شکل‌گیری ریگها به موازات باد. نقطه چین‌ها - بخشهای

لغزنده؛ خطوط پراکنده - خطوط قله های ریگهای پتروف، ۱۹۷۶ پس از مارتون



نتیجه‌گیری

کنترل شن و ذرات گرد و خاک اساساً در مناطق خشک با نواحی مربوط متفاوت است. زیرا نواحی خشک وسیع‌اند، مشکلات آنها جدی، وضعیت اقتصادی مشروط و ضعیف و حوزه دخالت انسان مخصوصاً در حوزه پوشش گیاهی بسیار محدودتر است. درکل راهکارهای متعدد جداگانه استفاده شده در هماهنگی محیط بهتر از یک راهکار عمل می‌کنند. تثبیت مؤثر پوشش گیاهی معمولاً نیازمند ترکیب روش‌های مکانیکی، شیمیایی و زیستی حداقل در بافت درونی رشد پوشش گیاهی است. شاید با تثبیت مؤثر پوشش گیاهی دیگر نیازی به بکارگیری استراتژی‌های حفاظتی دیگر نباشد. کنترل موفقیت آمیز شن و ذرات ریز تا حد زیادی به برآورد هزینه‌ای کارشناسانه مشکلات قبل از بکارگیری راهکارها و پس از آن مدیریت درست که شامل نگهداری و نظارت می‌باشد بستگی دارد.



جدول ۸: اقدامات پیشگیری پیشنهادی

<p>نقشه برداری دقیق جهت تعریف نواحی و ابقای باغات شخصی و درختچه‌ها برای حفظ ساختمانها، جاده‌ها و ... این برنامه ریزی باید زمینه ابقای نواحی و دوری آنها از مخاطرات را فراهم کند.</p> <p>جهت گیری شمال به جنوب (اختلاف ۹۰ درجه با باد غالب) برای بیشترین تاثیر گذاری. مناطق محصور ابقا شده در بدو کار برای پاکسازی و ملاحظه وسائل کار و محدودیت‌های گنجایشی در منطقه حائل محصور دست به ایجاد گلخانه‌هایی برای پرورش گیاهان بومی اصلی بزنند.</p> <p>ایجاد شرایط پایدار برای آب، کودهای طبیعی حاصل از چوب‌های فرسوده، صخره‌های فرو ریخته، برای همسان سازی تثبیت کننده‌های پتروشیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند، گیاه به عنوان حصار عمودی در نواحی به کار می‌روند.</p> <p>حصارهای عمودی ۳۰ تا ۵۰ درصد پرمنفذی، اطراف خانه‌ها، مانع‌های سخت یا محکم، کمربندهای حفاظتی، درختان، و حصارهای گیاهی برای ذرات پیرامون شهرکها و ...</p> <p>ساختمانها به طور منظم چیده نشده‌اند اما در کاهش سرعت باد نقشی اصلی ایفا نمی‌کنند. جاده‌ها و مسیرهای منحنی شکل و متمرکز با سطوح سخت با عدم وجود بخشهای استوار طولانی که در جهت شرق به غرب ادامه پیدا می‌کنند؛ توسعه باغات و کاشتن درختان در خیابان‌ها.</p> <p>حصارهای جانبی و پوشش زمین با استفاده از کاشتن گیاهان، آبیاری، و کوددهی بهبود یافته است. دسترسی و استفاده محدود از مسیرهای ریگزاری.</p> <p>حصاربندی نظارتی، کمربندهای حفاظتی، مناطق حائل، و ... نظارت مشخص کننده ساخت و ساز و عمارت می‌باشد و درختکاری دسترسی عمومی را مورد نظارت قرار می‌دهد و مشخص کننده تعریفها و مخاطرات نواحی فرسایش شده و ناپایدار در همان مرحله اول است.</p> <p>محل جمع‌آوری (دپو) پس ماندها باید در شمال یا جنوب شهرک، مکان‌یابی شوند. شرایط نامساعد که برای رشد گیاهان تعبیه شده، باید به وسیله کودهای شیمیایی و خاکی پایدار شود. آب‌هایی که زیاد مورد استفاده قرار گرفته‌اند، باید برای جلوگیری از خشک شدن و نمکی شدن آنها تحت نظارت قرار گیرند.</p> <p>رابطه جهت پاکسازی و اصلاح اقدامات غیر قانونی محلی</p> <p>به حد اقل رساندن سطوح محافظت نشده بایر</p>	<p>پایداری منطقه‌ای</p> <p>۱. احداث کمربندهای حفاظتی و کاشت ردیفی پوشش گیاهی طبیعی.</p> <p>۲. ابقای پوشش گیاهی طبیعی در مناطق حایل پیرامونی و ایجاد منطقه امن به وسعت یک کیلومتر.</p> <p>پایداری محلی</p> <p>۱. تثبیت سطوح</p> <p>۲. حصارها</p> <p>۳. طرح‌های معماری و مهندسی</p> <p>مدیریت چشم انداز</p> <p>۱. عدم گسترش بر روی چشم اندازهای ناپایدار و تثبیت نشده. ۲. نظارت پایدار ۳. نظارت بر فعالیت‌های معدنی و تأثیرات آنها.</p> <p>پیاده سازی</p> <p>۱. قواعد پایانی برای صدمه به پوشش گیاهی</p> <p>۲. هماهنگی پاکسازی و ساخت و ساز</p>
--	---

منبع: مارشال و چرچ وود (۱۹۷۴)

اشکال نواحی که مسائل بادی در آنها وجود دارد و نیروهای آنها، یک اساس و قاعده اصلی به حساب می‌آید، و این قاعده به ایجاد یک طبقه بندی فضایی از مخاطرات مربوطه کمک می‌کند. این اقدام باید با یک روش نظارتی بسیار عالی و مؤثر پیگیری شود تا بتواند عناصر نیروی حرکتی و دینامیک سیستم باد را تعیین کمیت کند.

در ارزیابی راهکارهای نهایی که برای شفاف سازی مدارک علمی اساسی به کار می‌روند، مطلوب است که تحلیل‌های هزینه-درآمدی انجام شود. اما به علت وجود بسیاری از مزایای ناملموس (از قبیل زیبایی شناسی)، و بسیاری از هزینه‌های نامعلوم دیگر، انجام این تحلیل‌ها بسیار دشوار گشته است. بعلاوه پروژه حمایت هم قبل از پیاده‌سازی و هم در طول آن و به همین نحو بعد از آن باید تحت نظارت باشند، تا اطلاعات بدست آمده در مورد سیستمهای بادی و پیامدهای آنها ملموس شده و بتوان اقدامات مدیریتی را مطابق با آنان شکل داد و پروژه‌های شبیه آن را در نواحی مجاور نیز پیاده سازی و اجرا کرد. در آخر برای پشتیبانی از اقدامات حفاظتی و تضمین اینکه تمام مزایای آنها ملموس شوند، نظارت بر کاربری زمین (از قبیل احکام نظارتی بر شن و ذرات، و همگون سازی موفق) معمولاً ضروری می‌باشد.

دستیابی به منافع اقتصادی قابل توجهی را داشت. نقطه قابل توجه تر آن که این نتایج که منجر به رفع مشکلات می‌شوند بایست در طراحی شهری لحاظ شوند. نواحی که دارای ذرات شنی کاملاً فعال هستند باید از خطر برحذر شوند. از آنجایی که این ممکن نیست که نواحی و مناطق مورد حفاظت، کاملاً از مشکلات جابجایی شن و گردوخاک در امان بمانند، اما به بهترین شکل در نواحی منحصر به فردی می‌توانند قرار گیرند و تحت یک حمایت جامع و کامل قرار گیرند.

برای مثال مسیرهای ارتباطی در طیف‌های متنوع می‌توانند همه از یک قاعده پیروی کنند و آن قاعده کلی می‌تواند به گونه‌ای مناسب مورد حمایت قرار گیرد. دلایلی که طبق آنها نواحی باید در مقابل مشکلات بادی حمایت شوند بایستی کاملاً بر پایه درک درست و علمی از پروژه حمایت و تأثیرات آن بر روی نواحی مجاور باشد. چرا یک ناحیه فرسایش می‌یابد؟ فرسایش چه مشکلاتی را به بار می‌آورد و راهکارهای نهایی برای رفع این مشکلات کدام‌اند؟ چگونه این فرایند بر روی محیط زیست طبیعی اثر می‌گذارد (مخصوصاً مشکلات ناشی از شن)؟ برای پاسخ به این سؤالات و سؤالات بنیادی مرتبط به آنها، نقشه‌برداری ساختار زمین شناسانه برای تعریف انواع