

## فرسایش بادی: بررسی تاثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در سرعت آستانه فرسایش بادی

(مطالعه موردی: دشت یزد- اردکان)<sup>۱</sup>

محمد رضا اختصاصی<sup>۲</sup>

حمید رضا عظیم زاده<sup>۲</sup>

### چکیده

یکی از مهم‌ترین فرایندهای طبیعی در مناطق نیمه خشک، خشک و فرا خشک فرسایش بادی است. این فرایند در شرایطی رخ می‌دهد که علاوه بر وجود خاک حساس، باد دارای حاکمیت و سرعت قابل توجه باشد. انتقال ذرات خاک به صورت‌های مختلف معلق، جهشی، خزشی انجام می‌گردد و سبب خسارت‌های جدی به محیط زیست می‌شود. در این تحقیق سعی شده است تا ارتباط بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با سرعت آستانه جهشی مورد بررسی قرار گیرد. در این ارتباط وضعیت پوشش سطحی خاک یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در سرعت آستانه است. پوشش سنگفرش بیابانی، میانگین قطر ذرات، شوری و مقدار گچ مهم‌ترین عوامل در این زمینه محسوب می‌شود. ارتباط ریاضی این روابط طی مدل در این مقاله ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: سنگفرش بیابانی، سرعت آستانه فرسایش، ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی خاک.

<sup>۱</sup>- تاریخ دریافت: ۸۱/۸/۲۷، تاریخ پذیرش: ۸۲/۲/۲۲

<sup>۲</sup>- عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد و دانشجوی دکتری دانشگاه تهران (E-mail: hrazimzadeh@yazd.uni.ac.ir)

<sup>۳</sup>- استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد

## مقدمه

مدل‌سازی در زمینه‌های مختلف علوم منابع طبیعی در مواردی که اندازه‌گیری مستقیم یک پارامتر دشوار است امری اجتناب‌ناپذیر است. فرآیند فرسایش بادی به سبب وجود پیچیدگی‌هایی که در روند انجام آن از مرحله کنده‌شدن<sup>۱</sup>، انتقال<sup>۲</sup>، سایش<sup>۳</sup>، دانه‌بندی<sup>۴</sup>، و در نهایت رسوب<sup>۵</sup> دارد (۷)، از این امر مستثنی نمی‌باشد. آنچه مسلم است عوامل دخیل در فرسایش بادی را می‌توان در دو دسته تقسیم‌بندی نمود. دسته اول عوامل فرسایش‌زا<sup>۶</sup> و دسته دوم را می‌توان عوامل فرسایش‌پذیر<sup>۷</sup> نامگذاری نمود. فرسایش‌زایی ارتباط با فیزیک باد و ویژگی‌های نظیر سرعت، تداوم، جهت و انرژی آن دارد. عوامل فرسایش‌پذیر به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، همچنین شیوه‌های خاک‌ورزی و کاربری اراضی وابسته است (۱۰). سرعت باد به عنوان یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی باد، عامل انتقال ذرات با مکانیسم‌های مختلف است. ذرات خاک با سه مکانیسم تعلیق، جهش و خزش انتقال می‌یابد (۲). سرعت لازم برای به حرکت درآمدن ذرات در هر یک از این سه حالت متفاوت است که به سرعت آستانه غلطشی، جهشی و تعلیق معروف است. هرکدام از این نوع حرکت‌ها سهم ویژه‌ایی در انتقال مواد دارد. بین ۲۵-۷ درصد از کل مواد فرسایش یافته با مکانیسم تعلیق، ۷۲-۵۵ درصد از مواد نیز با مکانیسم جهشی و ۳۸-۳ درصد از مواد با مکانیسم خزشی جابه‌جا می‌گردد. در پروژه‌های کنترل فرسایش بادی، سرعت آستانه فرسایش<sup>۸</sup> بسیار درخور توجه است. حداقل سرعت لازم (در ارتفاع مشخص) که موجب جابه‌جایی ذرات خاک می‌شود را سرعت آستانه فرسایش می‌نامند. برای شروع حرکت ذرات خاک دو نوع سرعت

آستانه در نظر گرفته می‌شود، اول سرعت آستانه سیاله‌ای<sup>۹</sup> یا استاتیک که مستقیماً توسط باد وارد می‌شود و دیگر سرعت آستانه ضربه‌ایی<sup>۱۰</sup> است که در اثر تصادم ذرات به وجود می‌آید. این سرعت در واقع سرعت آستانه تحت شرایط بمباران ذرات است. سرعت آستانه دینامیک کمتر از سرعت آستانه استاتیک است (۶). بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد، عوامل متعددی در سرعت آستانه حرکت ذرات دخالت دارد که مهم‌ترین آن اندازه ذرات، وزن مخصوص آن، شکل ذرات و سیمان بین آن است. تاکنون روابط متعددی برای بیان ارتباط سرعت آستانه فرسایش با ویژگی‌های خاک ارائه گردیده است. یکی از مهم‌ترین این روابط توسط بگنولد<sup>۱۱</sup> (۱۹۴۰) ارائه شده است (۱۱۶).

$$U^* = A \sqrt{\frac{(\gamma - \rho)gd}{\rho}} \quad (1)$$

در این رابطه  $U^*$  سرعت آستانه ذرات ( $m/s$ )،  $\rho$  وزن مخصوص سیال ( $1/3 kg/m^3$ )،  $\gamma$  وزن مخصوص ذرات خاک ( $kg/m^3$ )،  $g$  شتاب ثقل زمین ( $m/s^2$ ) (و  $d$  قطر متوسط ذرات خاک است.  $A$  ضریب ثابت هوا است که بستگی به جنس ذرات خاک دارد. بگنولد مقدار آن را برای شروع حرکت برابر  $0/1$  به دست آورد که با نتایج حاصل از مطالعات ایورسن و همکاران<sup>۱۲</sup> مطابقت دارد. با شروع حرکت جهشی و پیشرفت آن مقدار  $A$  برابر  $0/08$  عنوان گردیده است (۶، ۱۰، ۱۱).

## مواد و روش‌ها

حوزه دشت یزد-اردکان با مساحت بالغ بر  $15950/7$  کیلومترمربع، در بخش شمالی استان یزد قرار دارد و در حدود  $24/9$  درصد از مساحت کل استان را شامل می‌گردد. این حوزه مستطیل شکل به وسیله رشته‌کوه‌های شیرکوه، آهنگران، مرغزرد، هفت آدمین، خونزا و کوه چک‌چک

<sup>۱</sup>-Detachment<sup>۲</sup>-Transportation<sup>۳</sup>-Abrasion<sup>۴</sup>-Sorting<sup>۵</sup>-Sedimentation<sup>۶</sup>-Erosivity Factors<sup>۷</sup>-Erodibility Factors<sup>۸</sup>-Threshold Velocity<sup>۹</sup>-Fluid Threshold<sup>۱۰</sup>-Impact Threshold<sup>۱۱</sup>-Bagnold<sup>۱۲</sup>-Iversen et al

استفاده شد. معنی‌دار بودن رابطه طی مقایسه ضریب همبستگی در جدول فیشر (سطوح ۱ درصد و ۵ درصد آماری) تعیین گردید.

### نتایج

نتایج به‌دست آمده از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک نشان‌دهنده ارتباط معنی‌دار برخی از ویژگی‌ها با سرعت آستانه جهشی است. هدف از این مطالعه دستیابی به مدلی جهت برآورد سرعت آستانه فرسایش با توجه به ویژگی‌های ویژگی‌های خاک است. بررسی ساختار خاک سطحی واحدهای ژئومورفولوژی دشت یزد - اردکان نشان‌دهنده اختلافات عمده‌ای در بخش‌های مختلف آن است.

ساختار سطحی در دشت‌سرهای لخت<sup>۴</sup> (۴) عمدتاً سنگفرش<sup>۱۰</sup> درشت است که در حدود ۷۰-۹۰ درصد سطح را پوشانیده است. با گذشت زمان در این اراضی فرسایش سبب کنده‌شدن و انتقال ذرات ریزدانه سطحی گردیده و امکان تجمع ذرات درشت دانه را در سطح فراهم نموده است. در این اراضی علائم ناچیزی از شوری و سدیمی خاک دیده می‌شود. در این اراضی درحالت طبیعی سرعت آستانه جهشی بین ۱۴-۱۲ و بعضاً بیش از ۱۵ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری متغیر است (۲ و ۴).

دشت‌سرهای اپانداز<sup>۱۱</sup> (۴) سنگفرش متوسط درحدود ۴۵-۷۰ درصد سطح را پوشش می‌دهد. در سطح خاک علاوه بر سنگفرش، لایه‌ای نازک و فشرده (سله) می‌توان مشاهده نمود. همچنین در زیر سنگفرش خاک گچی آهکی پودری و ثانویه که حساس به بادبردگی است وجود دارد. در بعضی از نقاط علائم شوری و سدیمی ملاحظه می‌شود. سرعت آستانه حرکتی و جهشی در این اراضی کمتر از دشت‌سرهای لخت است. دامنه تغییرات سرعت آستانه جهشی بین ۱۲-۷ متر بر ثانیه متغیر می‌باشد (۴).

محصور گردیده و با شیب عمومی جنوب شرقی- شمال غربی به چاله سیاهکوه تخلیه می‌شود (۴).

در این پژوهش ابتدا با بررسی نقشه ژئومورفولوژی، تعدادی رخساره ژئومورفولوژی به‌عنوان رخساره‌های شاهد انتخاب گردید و در رخساره با مطالعه خاکشناسی شامل: وضعیت سطح خاک، مقدار پوشش سنگریزه، نوع سله سطحی و استحکام آن، علائم شوری و سدیمی، نمونه‌هایی از لایه سطحی خاک (۵-۱۰ سانتیمتر) برداشت گردید و پس از انتقال به آزمایشگاه، عمده ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد. این ویژگی‌های شامل pH، هدایت الکتریکی عصاره اشباع، درصد مواد آلی، سدیم، کلسیم، منیزیم، آهک و گچ می‌باشد. با استفاده از دستگاه pH متر<sup>۱</sup> هدایت الکتریکی با هدایت‌سنج<sup>۲</sup>، سدیم با استفاده از فلیم فتومتر<sup>۳</sup> (کیتسون و ملون<sup>۴</sup>، ۱۹۴۴)، کلسیم و منیزیم با روش تیتراسیون با EDTA (آیرز و کمبل<sup>۵</sup>، ۱۹۵۱)، مواد آلی به روش واکلی<sup>۶</sup>، گچ با روش طیف‌سنجی<sup>۷</sup> و آهک نیز به روش خنثی‌سازی اسید باقیمانده اندازه‌گیری شده است (۱۱).

به‌منظور تعیین سرعت آستانه فرسایش در دو وضعیت حرکتی و جهشی از تونل باد قابل حمل تحت عنوان دستگاه سنجش فرسایش بادی<sup>۸</sup> در رخساره‌های شاهد استفاده گردید (۳، ۵ و ۲). سرعت آستانه فرسایش در شرایط طبیعی خاک و در ارتفاع ۲۰ سانتیمتری از سطح خاک به محض مشاهده جهش ذرات از سطح زمین در محفظه تونل باد در رخساره‌های شاهد و طی مطالعات صحرائی اندازه‌گیری شده است (۳ و ۱).

جهت تعیین بهترین رابطه ریاضی بین ویژگی‌های خاک و سرعت آستانه فرسایش از نرم‌افزارهای Excel و Matlab

<sup>۱</sup> -pH-meter-Johnway Model

<sup>۲</sup> -Conductivity-meter- Johnway Model

<sup>۳</sup> -Flame-Photometer

<sup>۴</sup> -Kitson & Mellon

<sup>۵</sup> -Ayers & Campbel

<sup>۶</sup> -Wakley

<sup>۷</sup> -Spectrophotometry

<sup>۸</sup> -Wind-Erosion Meter

<sup>۹</sup> - عمدتاً دشت‌های پایکوهی که در زمان‌های گذشته موارد ریز آن شسته شده، سنگلاخی و دارای سنگفرش درشت دانه است.

<sup>۱۰</sup> - Desert Pavement

<sup>۱۱</sup> -نوعی از دشت‌های دامنه‌ای که مسیل‌ها یا رودخانه‌ها در آن به‌طور طبیعی بخش می‌شود.

دشت‌سرهای اپانداژ و تپه ماهورها ۲۷ درصد و در دشت‌سرهای پوشیده ۲۴ درصد می‌باشد. شکل (۵) ارتباط بین درصد آهک در لایه ۵-۱۰ سانتیمتری خاک سطحی با سرعت آستانه جهشی را نشان می‌دهد.

گچ به صورت انیدرید در دشت یزد-اردکان در دشت‌سرهای لخت به مقدار بسیار کم تا کم یافت می‌شود. با کاهش ارتفاع مقدار آن افزوده شده و در کویر و دشت‌سرهای پوشیده به بیشترین مقدار می‌رسد. مقدار گچ در دشت‌سرهای لخت و اپانداژ در حدود ۱۰-۱/۵ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک و در دشت‌سرهای پوشیده در حدود ۲۸۱-۴۶ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خاک متغیر است. رابطه ریاضی مقدار گچ و سرعت آستانه فرسایش در دشت یزد اردکان در شکل (۶) ارائه شده است.

### بحث و نتیجه‌گیری

آنچه در تحقیق حاضر به آن توجه شده است. ارائه مدلی برای برآورد سرعت آستانه جهشی ذرات خاک در دشت یزد اردکان است. به این منظور مقدار ارتباط عوامل مختلف با سرعت آستانه تشخیص و سپس رابطه ریاضی آن به دست آمد. برای بررسی کارایی مدل، مقادیر به دست آمده از مدل با مقادیر واقعی آن مقایسه گردید. در این تحقیق دو مدل ریاضی ارائه گردیده است. در این مدل‌ها مهم‌ترین ویژگی‌های خاک درصد پوشش سنگفرش بیابانی، میانگین قطر ذرات خاک و مقدار گچ به شمار می‌رود و در شرایطی که تنها ویژگی‌های فیزیکی خاک نظیر درصد پوشش سنگفرش و میانگین قطر ذرات خاک در اختیار باشد می‌توان از معادله (۲) جهت برآورد سرعت آستانه فرسایش سود برد. این معادله دارای شرایط مرزی به صورت زیر است:

شوره‌زار یا کویر (سبخا)<sup>۱</sup> (۴) دارای سله‌های بسیار شکننده و حساس رسی نمکی است که به واسطه شرایط شوری و سدیمی بالا، حساسیت زیادی به فرسایش دارد. در سطح این اراضی بلورهای درشت گچ به صورت‌های ورقه‌ای و دم‌پرستویی دیده می‌شود. سرعت آستانه جهشی نیز بین ۶/۵-۷ متر بر ثانیه تغییر می‌کند.

تپه ماهورها (۴) دارای سنگفرش ریز تا متوسط و ناپایدار است که در حدود ۳۰-۴۰ درصد روی سطح را می‌پوشاند. به دلیل کانالیزه شدن باد در بین تپه‌ها خاک سطحی اراضی از دست‌رفته و لایه نسبتاً پایداری را در سطح ظاهر نموده است. شکل (۲) ارتباط بین پوشش سنگریزه و سرعت آستانه جهشی را نشان می‌دهد.

بافت خاک به‌عنوان یکی از مهم‌ترین ویژگی و با ثبات‌ترین آن محسوب می‌گردد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد با کاهش ارتفاع در دشت یزد اردکان از دشت‌سرهای لخت به سمت دشت‌سرهای پوشیده میانگین قطر ذرات خاک کاهش می‌یابد. میانگین قطر ذرات در دشت‌سرهای لخت ۲/۸-۲/۴ میلی‌متر، در دشت‌سرهای اپانداژ ۱/۶۵-۰/۷ میلی‌متر و در دشت‌سرهای پوشیده ۰/۹-۰/۵ میلی‌متر متغیر است. شکل (۱) تغییرات سرعت آستانه جهشی را با میانگین قطر ذرات نشان می‌دهد.

مواد آلی در خاک به عنوان ماده سیمانی و ایجادکننده ساختمان خاک تاثیر قابل توجهی در استحکام و مقاومت خاک دارد و سرعت آستانه را کاهش می‌دهد. نتایج تجزیه آزمایشگاهی نشان می‌دهد خاک‌های دشت یزد - اردکان دارای حدود ۱-۰/۵ درصد مواد آلی است و بدین لحاظ وجود آن تاثیر معنی‌داری در سرعت آستانه فرسایش ندارد. آهک نیز به عنوان ماده سیمانی در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد. توزیع تقریباً یکسان آن در لایه سطحی رخساره‌های مختلف شاهد ارتباط معنی‌داری را با سرعت آستانه جهشی نشان نمی‌دهد. مقدار متوسط آهک در دشت‌سرهای لخت ۲۶ درصد، در

<sup>۱</sup>- اراضی شوره‌زار کویری (Sebkha) که به فرسایش بسیار حساس می‌باشد و سطح سفره آب زیرزمینی در آن بسیار پایین است.

$$\begin{aligned}
 &GR \geq 90\% \text{ و } 0.09 \geq md \geq 2/4 \text{ mm} \quad U_* \geq 14 \text{ m/s} \quad (2) \\
 &0.10 \geq GR \geq 90\% \quad 0.09 \geq md \geq 2/4 \text{ mm} \quad U_* = -1/5568 \ln [(1-0.1 Gr) \exp(-d)] + 5/624 \quad R^2 = 0.7935 \\
 &GR \leq 10\% \text{ و } 0.09 \geq md \geq 2/4 \text{ mm} \quad U_* \leq 5 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

از معادله (۳) با شرایط مرزی بیان شده بهره جست.

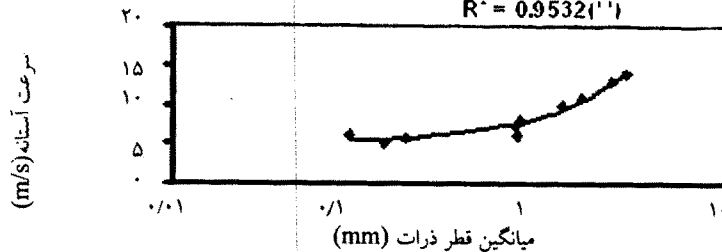
در شرایطی که علاوه بر ویژگی‌های فیزیکی ویژگی‌های شیمیایی نیز از لایه سطحی خاک در دسترس باشد می‌توان

$$\begin{aligned}
 &GR \leq 90\% \text{ و } 0.09 \geq md \geq 2/4 \text{ mm} \quad U_* \geq 14 \text{ m/s} \quad (3) \\
 &0.10 \geq GR \geq 90\% \quad 0.09 \geq md \geq 2/4 \text{ mm} \quad U_* = -1/1098 \ln [(1-0.1 Gr) \text{CaSo}_4 \exp(-d) / EC_e]^{-1/1522} \quad R^2 = 0.7747 \\
 &GR \leq 10\% \text{ و } 0.09 \geq md \geq 2/4 \text{ mm} \quad U_* \leq 5 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$EC_e$  هدایت الکتریکی عصاره اشباع (ds/m) می‌باشد. ضریب همبستگی این معادلات رابطه معنی‌دار آماری در سطح ۱ درصد را نشان می‌دهد. مقایسه مقادیر برآورد شده و مقدار واقعی در شکل‌های (۷) و (۸) ارایه شده است.

در این دو مدل ریاضی  $U_*$  سرعت آستانه جهشی بر حسب متر بر ثانیه در ارتفاع ۲۰ سانتیمتری،  $Gr$  درصد پوشش سنگریزه سطحی،  $d$  میانگین قطر ذرات خاک بر حسب میلیمتر در لایه سطحی (۵-۱۰ سانتیمتر)،  $\text{CaSO}_4$  مقدار گچ بر حسب میلی‌اکی‌والان بر ۱۰۰ گرم خاک و

$$\begin{aligned}
 U' &= -0.0944MD^2 + 3.5921MD + 5.0124 \\
 R^2 &= 0.9532(1)
 \end{aligned}$$

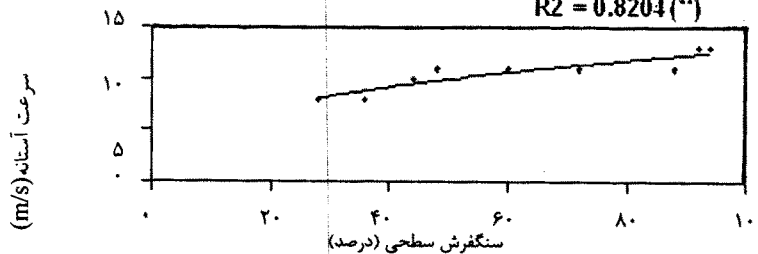


شکل ۱- رابطه معنی‌دار (۱٪) بین میانگین قطر ذرات و سرعت آستانه جهشی

قطری حدود ۰/۱ تا ۰/۲ میلیمتر با کمترین سرعت آستانه جهشی است.

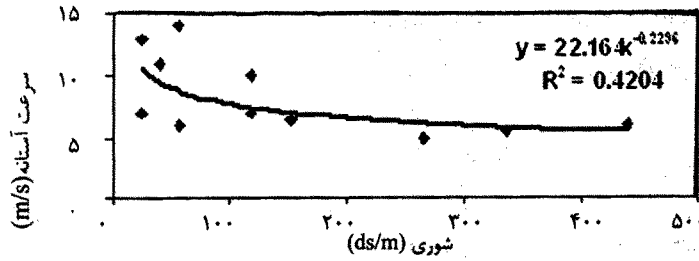
همان‌گونه که در شکل (۱) آمده است، با افزایش میانگین قطر ذرات خاک سرعت آستانه جهشی افزایش می‌یابد. در دشت یزد - اردکان حساس‌ترین ذرات دارای دامنه میانگین

$$\begin{aligned}
 U' &= 2.4994 G + 0.3548 \\
 R^2 &= 0.8204(2)
 \end{aligned}$$



شکل ۲- رابطه معنی‌دار (۱٪) بین درصد پوشش سنگفرش و سرعت آستانه جهشی

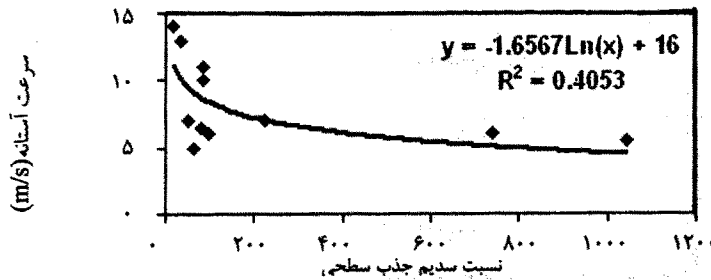
به سبب نقش حفاظتی پوشش سنگفرش با افزایش آن، سرعت آستانه جهشی افزایش می‌یابد.



شکل ۲- رابطه معنی‌دار (٪۵) بین شوری و سرعت آستانه جهشی

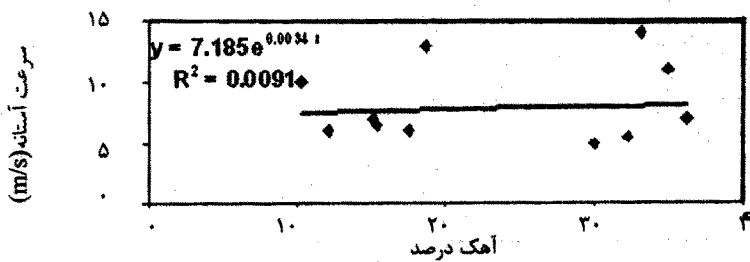
وضعیت نه تنها باعث انفکاک ذرات خاک از هم می‌شود لیکن به دلیل کاهش وزن مخصوص ظاهری سرعت آستانه را در حد قابل ملاحظه‌ایی کاهش می‌دهد.

با افزایش مقدار املاح در خاک به مقدار زیاد، همان‌گونه که در نمودار آرایه شده است، سرعت آستانه جهشی کاهش می‌یابد که دلیل عمده آن را اشباع شدن خاک از نمک و تبلور آن به عنوان بخشی از توده خاک می‌باشد. این

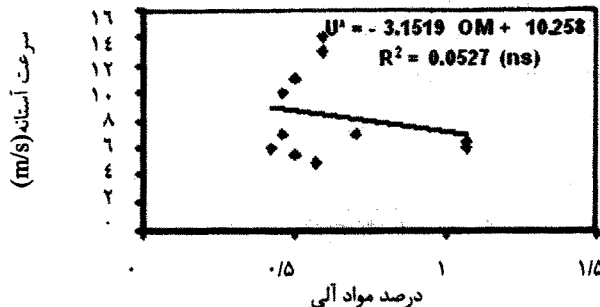


شکل ۴- رابطه معنی‌دار (٪۵) بین نسبت سدیم جذب سطحی و سرعت آستانه جهشی

تغییرات آهک در رخساره‌های مختلف در دامنه (۱۱-٪۳۶) می‌باشد که رابطه معنی‌دار با سرعت آستانه جهشی ندارد.

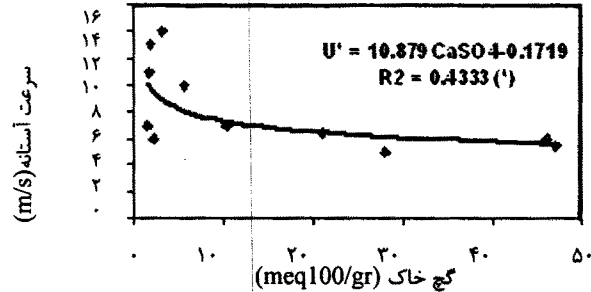


شکل ۵- رابطه بین درصد آهک و سرعت آستانه جهشی (معنی‌دار نیست)



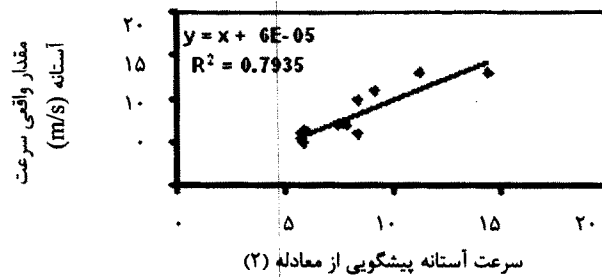
شکل ۶- رابطه بین درصد مواد آلی و سرعت آستانه جهشی (معنی‌دار نیست)

مواد آلی در دامنه (۰/۴-۱/۱) درصد تاثیر معنی‌داری در ایجاد پیوند و استحکام ذرات و ایجاد مقاومت در برابر فرسایش بادی ندارد.



شکل ۷- رابطه معنی‌دار (۵٪) بین مقدار کج و سرعت آستانه جهشی

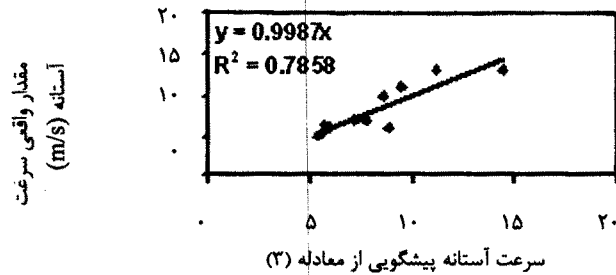
غالب شدن کج در لایه سطحی به دلیل تاثیر در کاهش وزن مخصوص ظاهری کاهش سرعت آستانه جهشی را به همراه دارد.



سرعت آستانه پیشگویی از معادله (۲)

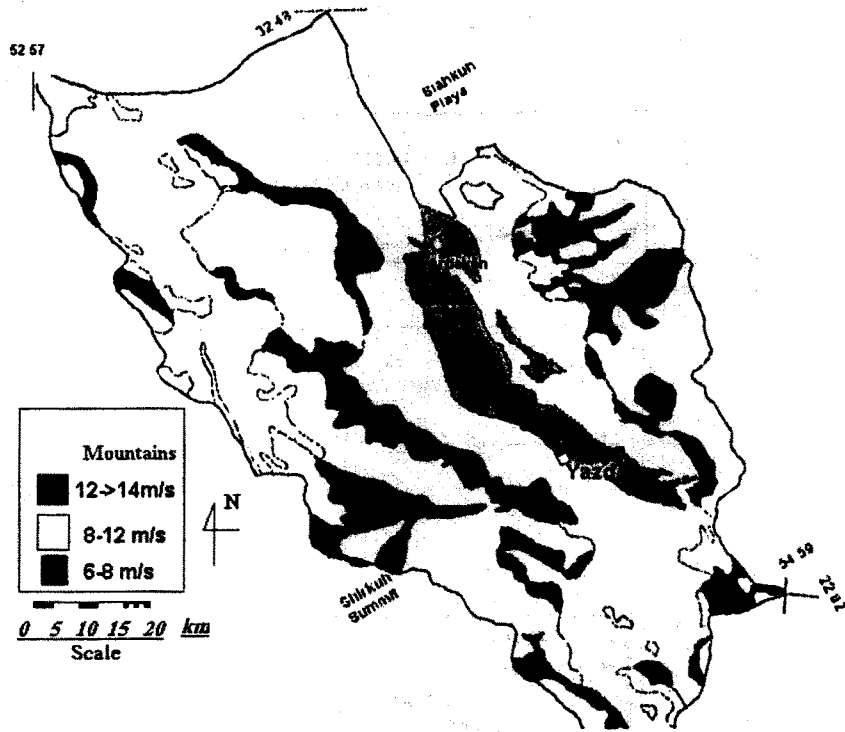
شکل ۸- مقایسه پیشگویی سرعت آستانه جهشی با استفاده از معادله (۲) و مقدار واقعی آن

یکی از روش‌های تعیین دقت مدل انطباق مقادیر پیشگویی شده با مقادیر واقعی است. در صورتی که مقادیر پیشگویی شده و مقادیر واقعی یکسان باشد معادله به صورت  $Y=X$  و  $R^2=1$  خواهد بود.

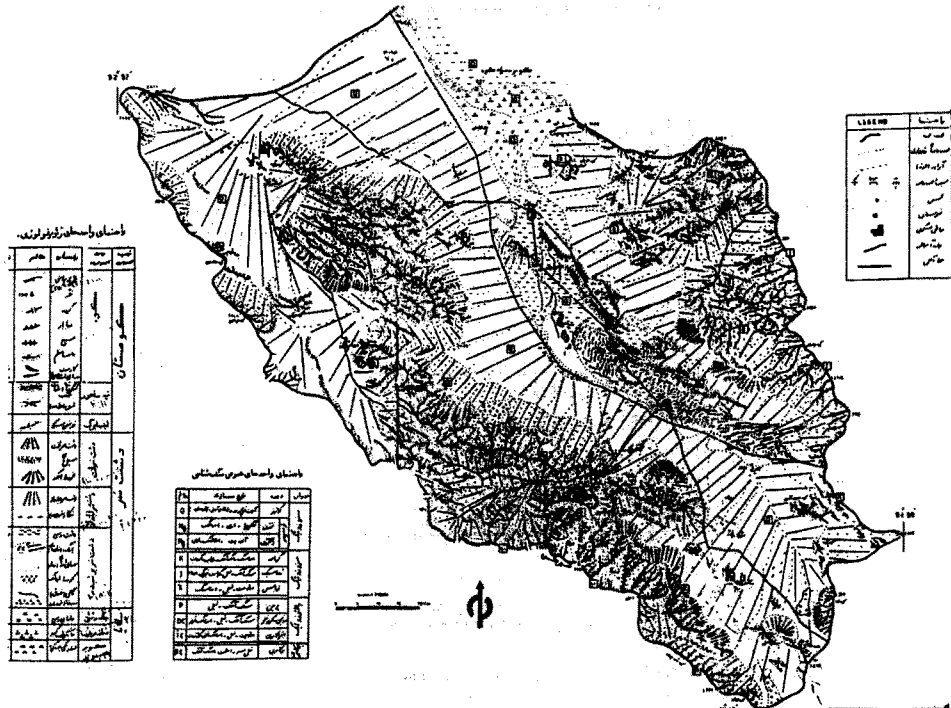


سرعت آستانه پیشگویی از معادله (۳)

شکل ۹- مقایسه پیشگویی سرعت آستانه جهشی با استفاده از معادله (۳) و مقدار واقعی آن



شکل ۱۰- نقشه پهنه بندی سرعت آستانه فرسایش بادی (ارتفاع ۱۰ متری) در دشت یزد - اردکان



شکل ۱۱- نقشه ژئومورفولوژی دشت یزد - اردکان (۴)



**تقدیر و تشکر**

بر خود لازم می‌دانیم از حمایت‌های همه جانبه کادر معاونت محترم پژوهشی دانشگاه یزد تشکر و قدردانی خود را ابراز داریم. در این میان تشکر و امتنان از جناب آقای

دکتر نواب پور، معاونت محترم پژوهشی دانشگاه، جناب آقای دکتر اختیاری مدیر کل محترم پژوهشی دانشگاه و جناب آقای دکتر مبین ریاست محترم دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی بجا و شایسته است.

**منابع**

- ۱- احمدی، حسن و محمدرضا اختصاصی، ۱۳۷۲. برآورد سرعت آستانه فرسایش بادی اراضی حوزه دشت یزد به دو روش تله‌های رسوبگیر و دستگاه سنجش فرسایش بادی، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی دانشگاه تهران، ص ۱۲۰.
- ۲- اختصاصی، محمدرضا، ۱۳۷۲. تهیه نقشه حساسیت به فرسایش بادی اراضی دشت یزد به کمک دستگاه سنجش فرسایش بادی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص ۲۳۷.
- ۳- اختصاصی، محمدرضا، ۱۳۷۰. گزارش طراحی و ساخت دستگاه سنجش فرسایش بادی (wind erosion meter)، سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی دفتر یزد.
- ۴- اختصاصی، محمدرضا، حسن احمدی، ناصر باغستانی، علی خلیلی و سادات فیض نیا، ۱۳۷۵. منشاء یابی تپه‌های ماسه‌ای حوزه دشت یزد اردکان، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.
- ۵- اختصاصی، محمدرضا و حسن احمدی، ۱۳۷۶. بررسی کمی و کیفی فرسایش بادی و برآورد مقدار رسوب، مطالعه موردی دشت یزد - اردکان، مجله منابع طبیعی ایران، شماره (۲: ۵۰).
- ۶- رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۸. فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۱۲۰.
- ۷- عظیم زاده، حمیدرضا، محمدرضا اختصاصی، محسن حاتمی و محمد اخوان قالیباف، ۱۳۸۱. مطالعه تاثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در شاخص فرسایش پذیری بادی و ارزیابی مدل جهت پیشگویی آن در دشت یزد - اردکان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، شماره اول.

- 8-Fryrear, D.W., J.E.Stout, L.J. Hagen and E.D. Vories.1991, Wind Erosion : Field Measurement and Analysis. ASAE 34(1): 155-160.
- 9-Hagen, L. J., E. L. Skidmore, and A. Saleh. 1992, Wind Erosion : Prediction of Aggregate Abrasion Coefficients, ASAE.35(6):1847-1850.
- 10-Hudson, N. W., 1981. Soil Conservation. Bastford. 230p.
- 11-Morgan. R.P.C.,1986. Soil Erosion & Conservation., Longman Scientific & Technical .298p.
- 12-Richards, L. A.,1961. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils., Agricultural Hand Book., NO:60, USDA, 160p.

## Threshold Velocity as Related to soil Physical and Chemical Properties in Iranian Central plain (Case study: Yazd- Ardakan Plain)

H.R.Azimzadeh<sup>1</sup>

M.R.Ekhtesasi<sup>2</sup>

### Abstract

Wind erosion is one of the main and important natural phenomena in arid and hyper-arid regions. Wind erosion is due to blow of erosive wind on dry, soft and erodible soil. Soil particles are transported in three mechanisms: creeping, saltation and suspension. Wind erosion causes serious damage to the environment. In this research, the investigators try to recognize soil physical and chemical properties as related to threshold velocity. Threshold velocity was measured in a natural soil surface condition by a portable wind tunnel (wind erosion meter). Soil samples were air dried. Desert pavement, mean diameter of soil particles, electrical conductivity, sodium adsorption rate, gypsum, organic matter and lime were determined. The relationship between desert pavement and mean diameter of soil particles is more significant than the relationship of other factors to threshold velocity. The mathematical function detected is presented in two models, on the basis of main physical properties and main physico-chemical properties.

**Keywords:** Wind erosion, Threshold velocity, Soil chemical and Physical properties.

---

<sup>1</sup>- Staff Member, Natural Resources and Desert Studies Faculty, Yazd University (E-mail: hrazimzadeh@yazd.uni.ac.ir)

<sup>2</sup>-Assistant Professor, Natural Resources and Desert Studies Faculty, Yazd University