خلاصه جزوه درس فرسایش بادی،ریزگردها و پیامدهای آن

(کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان)

گردآوری:

دکتر شیما نیکو

دیماه ۱۴۰۱

فرسایش بادی

برداشت ، حمل و رسوبگذاری ذرات خاک توسط باد

Wind Erosion

Wind Erosion is the natural process of detachment, transportation and deposition of soil by the wind. It is a common phenomenon occurring mostly in dry, sandy soils or anywhere the soil is loose, dry, and finely granulated. Wind erosion damages land and natural vegetation by removing soil from one place and depositing it in another.

شرایط اصلی وقوع فرسایش بادی

-خاک سست، حاوی ذرات ریز و خشک

- سطح خاک بایر و صاف

-باد شدید

پس

وقتی خاک فشرده، مرطوب است، دارای کلوخه های هایی به اندازه کافی بزرگ که در برابر نیروی باد مقاومت کنند ، دارای خاکدانه های پایدار است و سطح خاک زبر یا دارای وشش گیاهی یا بقایای آن است موجب افزایش اصطکاک در نزدیکی سطح شده و فرسایش کاهش می یابد و یا اصلا وجود ندارد.

به طور کلی تمامی مباحث مربوط به شناخت فرسایش بادی (عوامل ، میزان و شدت آن) ، کنترل و پیشگیری از آن در دو بخش خلاصه می شود:

۱- بخش فرسایش دهنده به طور کلی اقلیم و به صورت خاص باد

۲- بخش فرسایش پذیر خاک

بادهای اصلی کشور :

۱- بادهای شمال غربی
۲- بادهای جنوب شرقی
۳- بادهای شمال شرقی (سهمناک ترین بادها ، ۱۲۰ روزه سیستان)

عوامل فرسایش بادی:

۱-بافت خاک

۲- چسبندگی ذرات خاک

۳-ماده آلی خاک

۴-ساختمان خاک

۵-رطوبت خاک

۶-شکل ذرات خاک

۷-مقدار بارندگی

۸-شدت بارندگی

۹-توزیع بارندگی (با اثر بر توزیع رطوبت خاک و درجه حرارت آن

۱۰-درجه حرارت (روی تبخیر اثر دارد و آن هم روی رطوبت خاک)

۱۱- باد

۱۳-رطوبت هوا

۱۴- وزن مخصوص هوا

۱۵-ویسکوزیته(لزجت) هوا

۱۵- پستی و بلندی

۱۶- طولی از مسیر که در معرض فرسایش بادی قرار می گیرد و ....

ویژگیهای باد

۱- سرعت باد (wind velocity) m/s ، km/h، knot

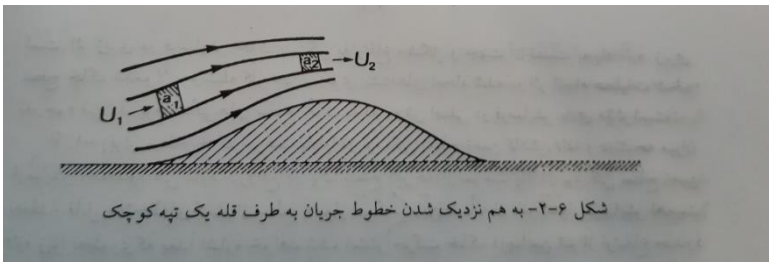
۲- جهت (direction)

۳- فراوانی (abundance)

-نقش پوشش گیاهی در فرسایش بادی (توضیح در کلاس)

-نقش زبری سطح خاک در فرسایش بادی(توضیح در کلاس)

-نقش پستی و بلندی در فرسایش بادی(توضیح در کلاس)



شکل ۶-۲- به هم نزدیک شدن خطوط جریان به طرف قله یک تپه کوچک

$U_1 * a_1 = U_2 * a_2$

نتایج حاصل از فرسایش بادی

-تشکیل نهشته های بادی (تپه های ماسه ای، لس ها)

-تشکیل حفره هایی در زمین

-تسطیح سطح زمین

-تشکیل شیارهای طولی

-به وجود آمدن صخره ها و برجستگی ها با شکل خاص

-به وجود آمدن زمین های سنگلاخی

-رسوب مواد

-از بین رفتن خاک

-تغییر بافت خاک

- از بین رفتن مواد غذایی و کاهش توان تولیدی خاک

- خسارت به گیاهان

-تشدید زمین لغزه

-آلودگی هوا

مراحل فرسایش بادی:

برداشت، حمل و رسوبگذاری:

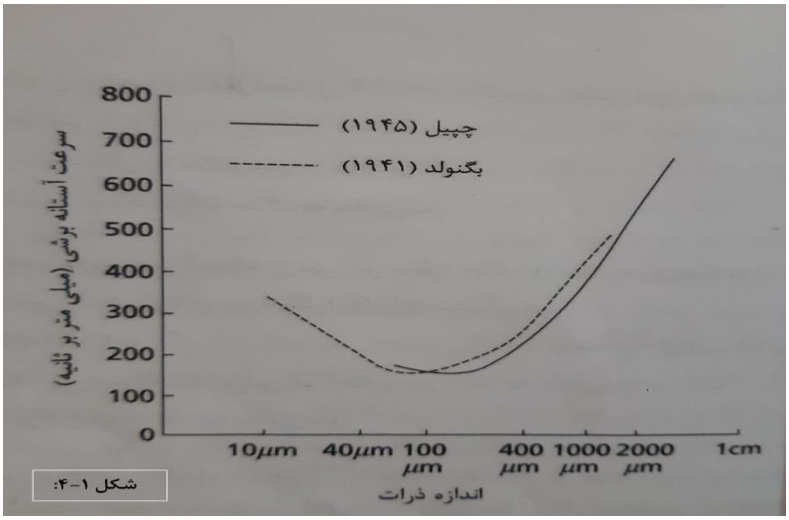
-زبری آئرودینامیکی (Z_0):

-سرعت برشی

روشهای برآورد سرعت آستانه برشی:

*کمترین سرعت آستانه برشی برای ذرات به قطر ۰/۰۶۴ تا ۰/۱۵ میلیمتر

۱-نمودار سرعت آستانه برشی و قطر ذرات (شکل ۱-۴)



شکل ۱-۴: نمودار سرعت آستانه برشی و قطر ذرات

۲-جداول موجود

جدول ۱-۳ رابطه تقریبی دانه‌بندی خاک سطحی و سرعت آستانه فرسایش بادی

	پایداری خاک در مقابل باد بردگی	قطر متوسط غالب ذرات خاک سطحی (میلی‌متر)		سرعت آستانه فرسایش بادی در ارتفاع ۱۰متری (متر برثانیه)
		حداکثر	حداقل	
۱	بسیار کم	-	۰/۱ -۰/۱۵	۴-۵
۲	به نسبت کم	۰/۱۵ -۰/۲۵	۰/۰۵ -۰/۱	۵ -۶/۵
۳	کم	۰/۲۵ -۰/۵	۰/۰۲۵ -۰/۰۵	۶/۵ -۷
۴	متوسط	۰/۵ -۱	۰/۰۱ -۰/۰۲۵	۷-۱۰
۵	زیاد	۱ -۲	۰/۰۰۵ -۰/۰۱	۱۰ -۱۴
۶	خیلی زیاد	بیش از ۲	کمتر از ۰/۰۰۵	بیش از ۱۴

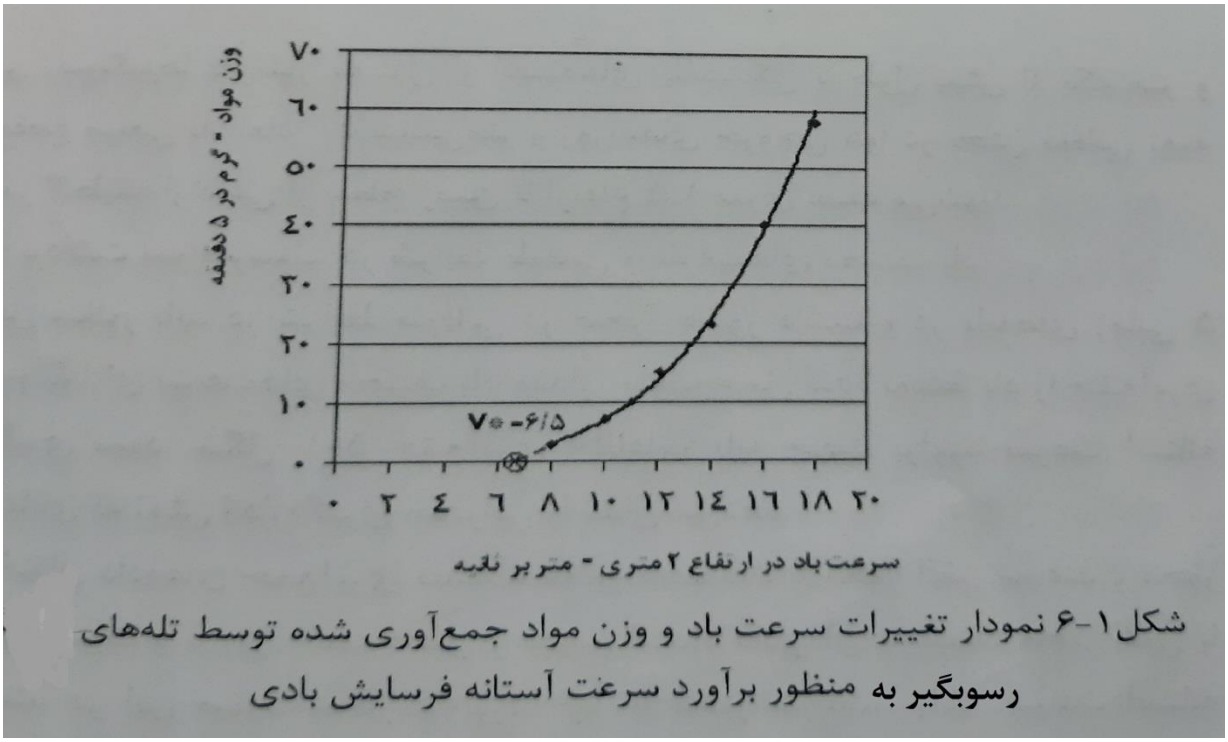
۳- فرمولها

$$V_{*t=A}\sqrt{(\rho s-\rho a)gd/\rho a}$$

و....

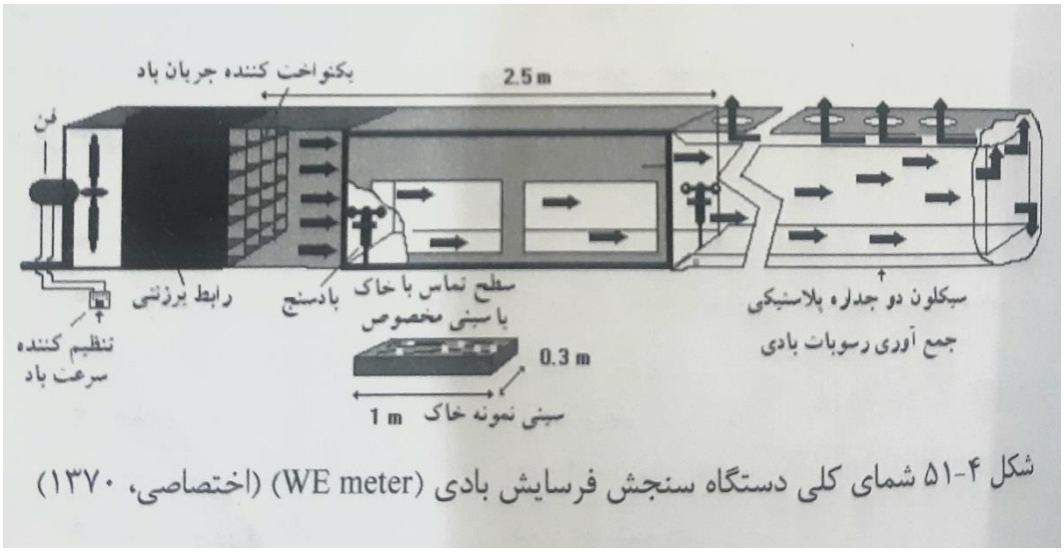
۴-روش های صحرایی اندازه گیری سرعت آستانه فرسایش بادی

الف-نصب تله رسوبگیر (شکل ۱-۶)



شکل ۱-۶ نمودار تغییرات سرعت باد و وزن مواد جمع‌آوری شده توسط تله‌های **رسوبگیر به** منظور برآورد سرعت آستانه فرسایش بادی

ب-دستگاه سنجش فرسایش بادی و با تونل باد قابل حمل

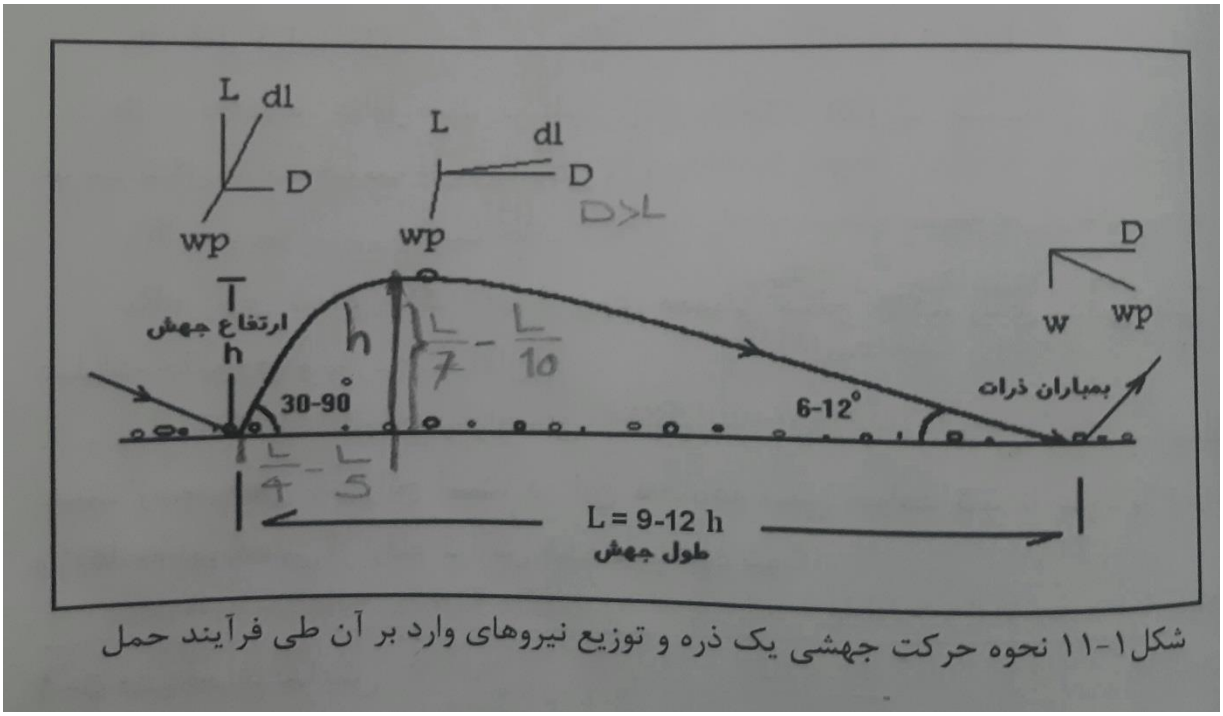


شکل ۴-۵۱ شمای کلی دستگاه سنجش فرسایش بادی (WE meter) (اختصاصی، ۱۳۷۰)

انواع حمل ذرات توسط باد :

۱- جهشی Saltation

قطر ذزات ۰/۰۵ تا ۰/۵ میلی متر (حدودا ۵۵ تا ۷۲ درصد ذرات)



شکل۱-۱۱ نحوه حرکت جهشی یک ذره و توزیع نیروهای وارد بر آن طی فرآیند حمل

۲- معلق Suspension

قطر کمتر از ۰/۱ میلی متر (۳ تا ۳۸ درصد ذرات)

۳- خزشی Creep

قطر ۰/۵ تا ۲ میلی متر (۷ تا ۲۵ درصد ذرات)

برآورد فرسایش بادی:

۱- روش تجربی برآورد دبی مواد خزشی و جریان مواد جهشی و..... (فرمولها...)

مثل روش بگنولد ، فرای برگر و.....

مثلا: روش لتو

$q=0.125\ V^2(V-V^*)$

q: دبی رسوبات جهشی kg/m.s

V: سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری m/s

*V: سرعت آستانه برشی در ارتفاع ۱۰ متری

۲- مدل های تجربی برآورد فرسایش بادی

۱- WEQ

$WE= f(I, K, C, L, V)$

۲- MWEQ

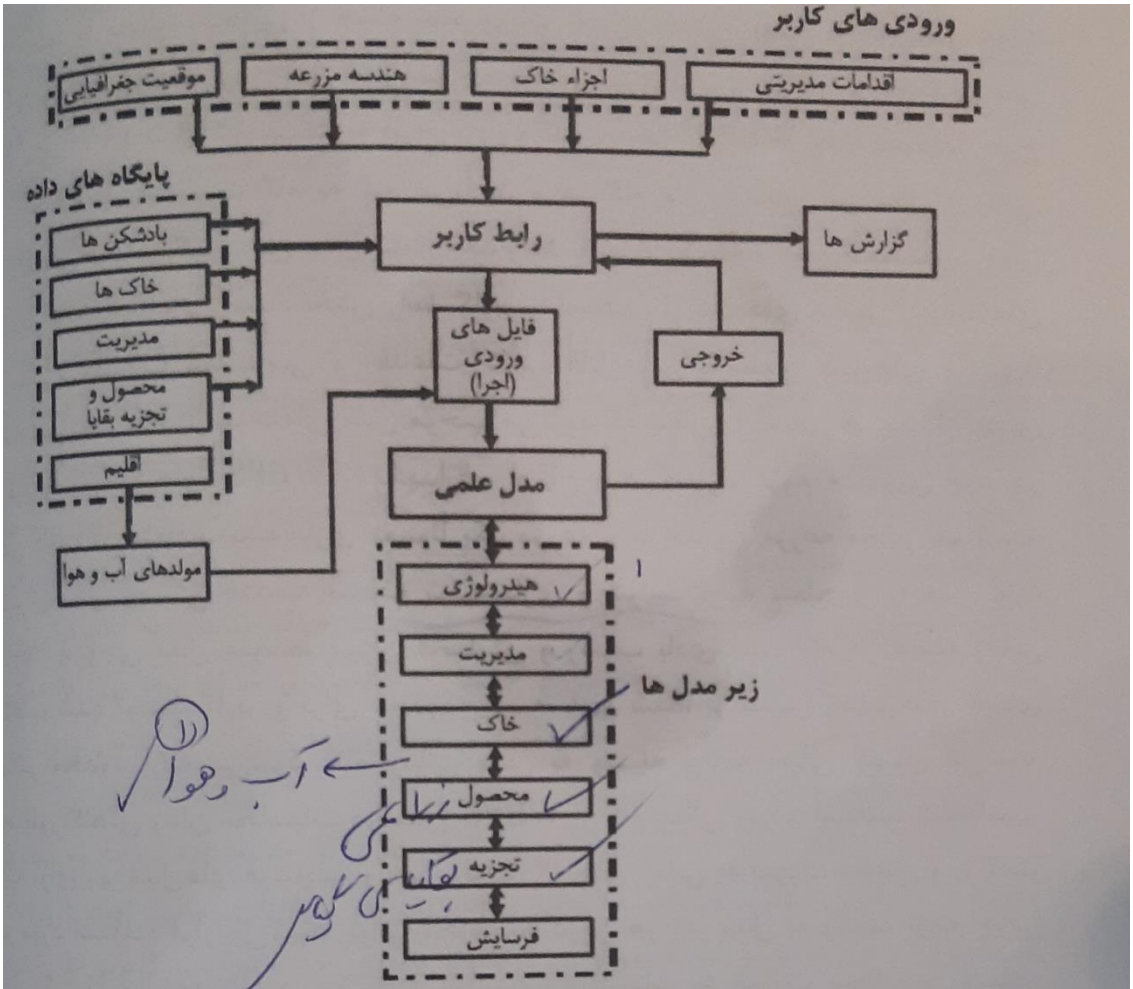
۳- RWEQ

۳- مدلسازی – مدل های جدید

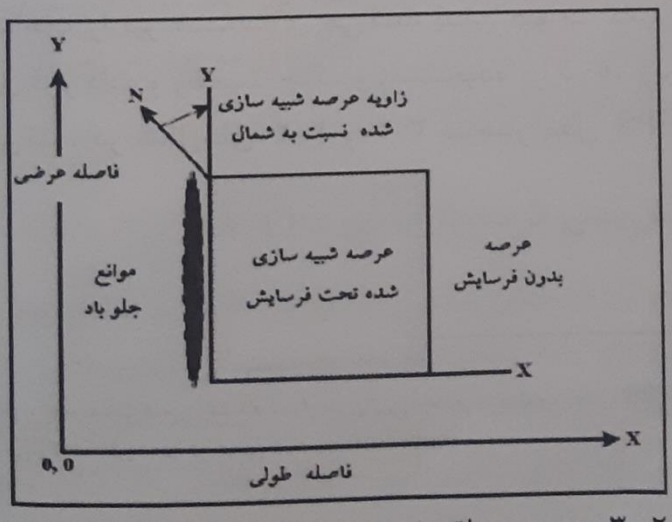
الف-Wind Erosion Continuous Simulation (WECS)

شبیه سازی پیوسته فرسایش بادی با قابلیت برآورد روزانه فرسایش

ب– Wind Erosiojn Prediction System (WEPS)یا سامانه پیش بینی فرسایش بادی



شکل۲-۲ ساختار مدل WEPS

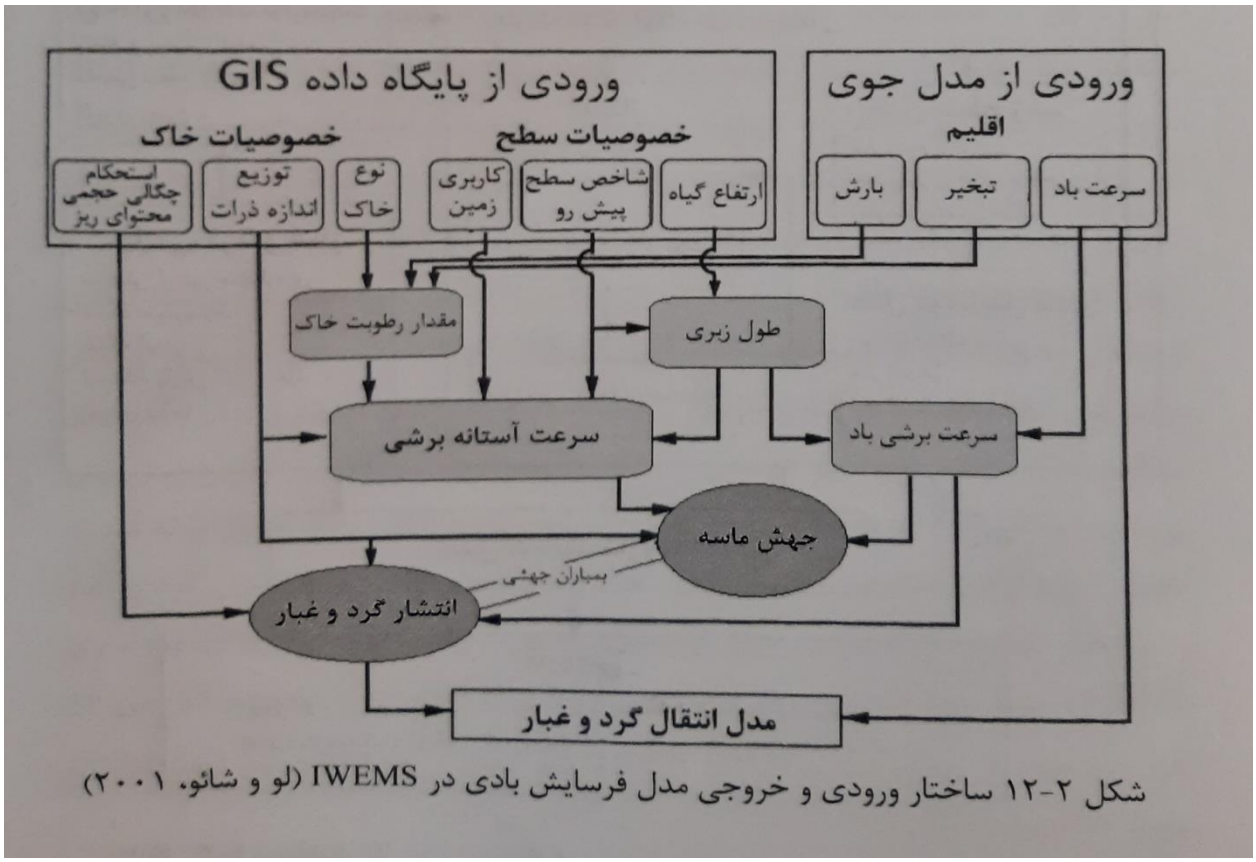


ج-مدل تحلیل فرسایش دانشگاه تک تگزاس (TEAM) Texas Tech Erosion Analysis Model

د-مدل فرسایش پذیری اراضی استرالیا

(AUSLEM) Australian Land Erodibility Model

ه- IWEMS (انتشار گرد و غبار – قابلیت پیش بینی تک رخداد طوفان گرد و غبار)



شکل ۲-۱۲ ساختار ورودی و خروجی مدل فرسایش بادی در IWEMS (لو و شائو، ۲۰۰۱)

۴- روش های تجربی برآورد فرسایش بادی

الف- (IRIFR)

امتیازدهی به ۹ معیار فرسایش بادی در این روش برای اراضی غیر کشاورزی شامل :

۱-سنگ شناسی(۰تا۱۰)، ۲- شکل راضی و میزان پستی و بلندی (۰تا۱۰)، ۳- سرعت و وضعیت باد (۰تا۲۰)، ۴- بافت خاک و پوشش غیرزنده سطح آن (سنگ وسنگریزه) (۵- تا ۱۵)، ۵- انبوهی پوشش گیاهی (۵- تا ۱۵)، ۶- آثار فرسایش سطح خاک (منطقه برداشت) (۰تا۲۰)، ۷- رطوبت خاک (۵- تا ۱۰)، ۸- نوع و پراکنش نهشته های بادی (منطقه رسوبگذاری) (۰ تا۱۰)، ۹- مدیریت استفاده از زمین(۵- تا ۱۵)

و برای اراضی کشاورزی:

۱-رسوب شناسی بافت خاک یا خاک سطحی و نوع اراضی (۰ تا ۱۰)، ۲- توپوگرافی و موقعیت اراضی (۰ تا ۱۰)، ۳- وسعت و تداوم بادهای فرساینده (۰ تا ۲۰)، ۴- زبری یا ناهمواری سطح خاک (۵- تا ۱۵)، ۵- ایجاد سله، مقاومت فشاری و میزان آشفتگی سطح خاک (۵- تا ۱۵)، ۶-رطوبت خاک شرایط آبیاری (۵- تا ۱۵)، ۷- میزان املاح ونوع نمک های موجود در خاک و آب آبیاری (۰ تا ۱۰)، ۸- تراکم پوشش گیاهی وکاه وکلش بجا مانده در سطح خاک مزرعه (۵- تا ۱۵)، ۹- مدیریت مزرعه(الگوی کشت، بادشکن اطراف مزرعه، تناوب زراعی و ...) (۵- تا ۱۵)

جداول امتیازدهی در کتاب های چون "مدل ها و ابزارهای برآورد و اندازه گیری فرسایش بادی و ریزگردها " موجود است(بخش جداول جزوه).

سپس مجموع امتیازات معیارهای ۹ گانه طبق جدول ( )برآورد پتانسیل فرسایش و تولید رسوب انجام می شود.

ب- MICD

بخش عملی

۵- اندازه گیری مستقیم فرسایش بادی در عرصه:

۱- تله های رسوبگیر،

۲- تونل باد،

۳-میله های فولادی(عمق باد بردگی)،

$Ew=Ha.\ \gamma_s\ .\ A$

Ew: مقدار فرسایش بادی در سطح عرصه بر حسب کیلوگرم در متر مربع در سال یا ماه ...

Ha: عمق بادبردگی به متر در سال، ماه و ....

γ_s : وزن مخصوص ظاهری خاک به کیلوگرم در متر مکعب

A: مساحت عرصه به متر مربع

۶-اندازه گیری نسبت سنگ و سنگریزه به جا مانده در سطح نسبت به عمق

عمق نمونه برداری/ عمق بادبردگی (مجهول) = وزن سنگریزه درون خاک / وزن سنگریزه سطح خاک

-روش های کنترل فرسایش بادی

۱- استفاده از زمین مطابق استعدادش

۲-حفظ رطوبت خاک

۳-ایجاد خاکدانه های درشت در خاک سطحی

۴-استقرار پوشش گیاهی

۵-قرار دادن بقایای محصول در سطح خاک

۶-پوشش های مصنوعی

۷-ایجاد زبری در سطح خاک

۸-انجام شخم عمیق

۹-شخم اضطراری

۱۰- ایجاد مانع در مسیر باد(نوارهای محصول و بادشکن ها):

۱۰-۱-کشت نواری

۱۰-۲-بادشکن ها

۱۰-۲-۱- بادشکن های زنده

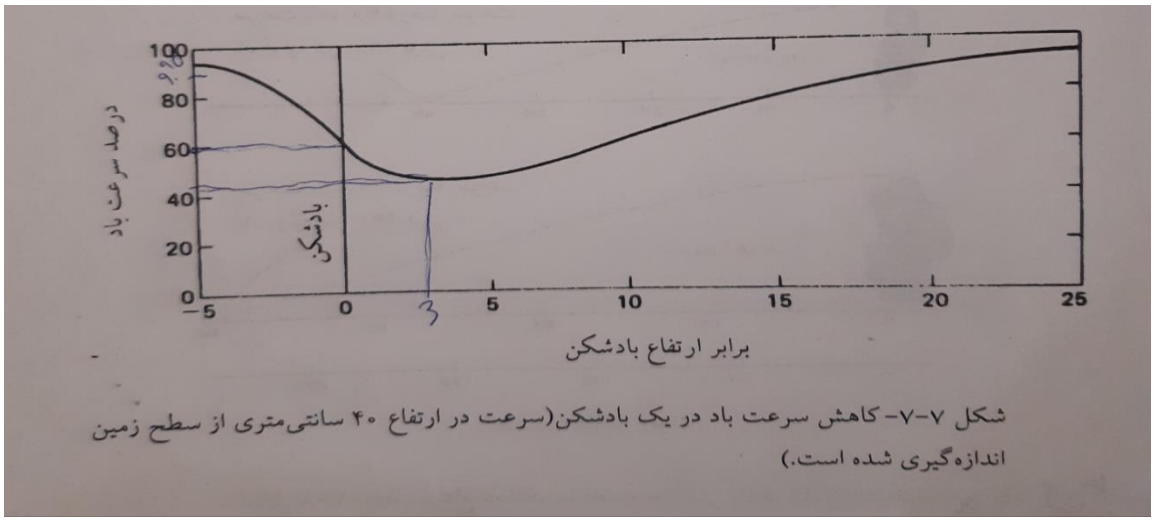
۱۰-۲-۲-بادشکن های غیر زنده

۱۰-۲-۳-ویژگیهای بادشکن (ارتفاع، طول، عرض یا ضخامت، تراکم)

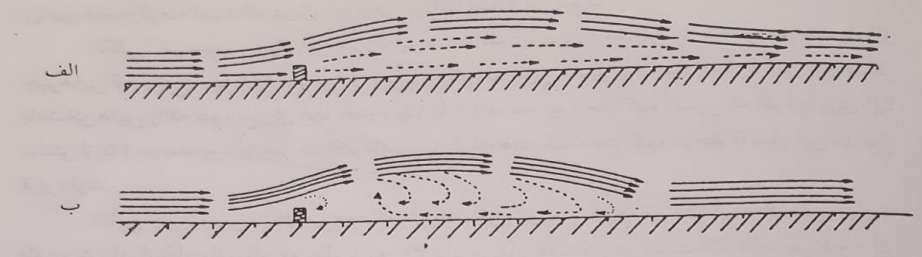
۱۰-۲-۴- فاصله بادشکن ها

۱۰-۲-۵-نقش بادشکن در میکروکلیما (شکل ۱۶-۷)

۱۰-۲-۷-نقش بادشکن در عملکرد محصول (شکل ۱۷-۷)



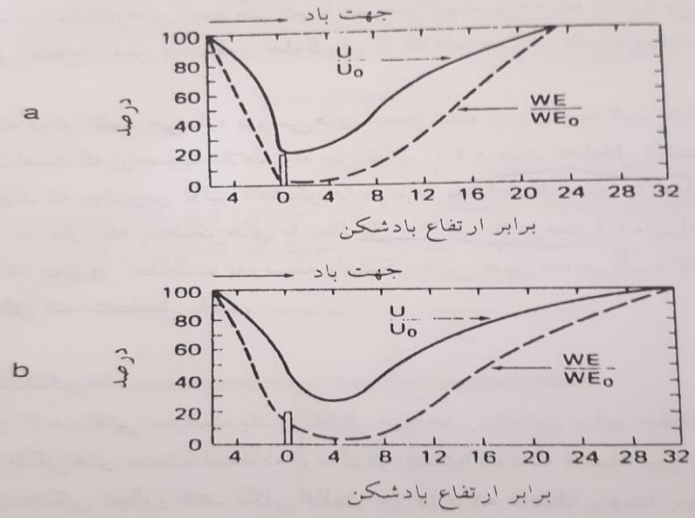
شکل ۷-۷- کاهش سرعت باد در یک بادشکن(سرعت در ارتفاع ۴۰ سانتی‌متری از سطح زمین اندازه‌گیری شده است.)



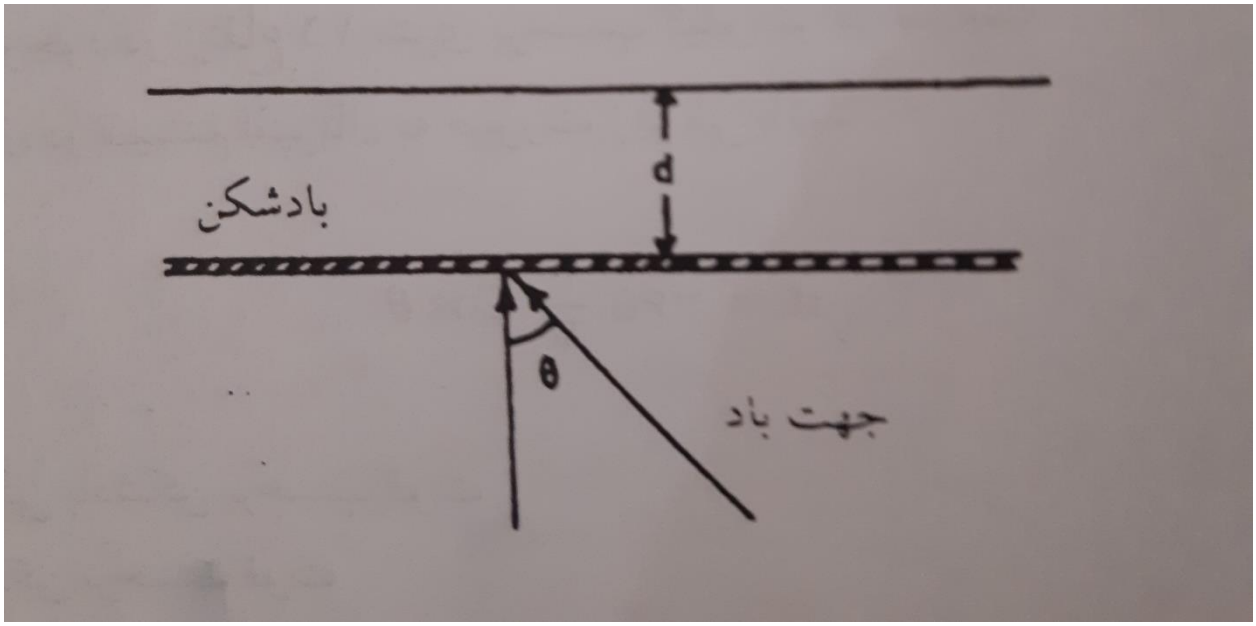
شکل ۱۲-۷- وضع جریان باد از روی یک بادشکن با نفوذپذیری متوسط (الف) و یک بادشکن غیر قابل نفوذ (ب)

شکل ۱۳-۷ نیز وضع جریان باد از روی یک بادشکن با نفوذپذیری متوسط (A) و یک بادشکن متراکم (B) را نشان می‌دهد.

شکل ۱۳-۷- وضع جریان باد از روی یک بادشکن‌بانفوذپذیری متوسط (A)و یک بادشکن‌متراکم(B)

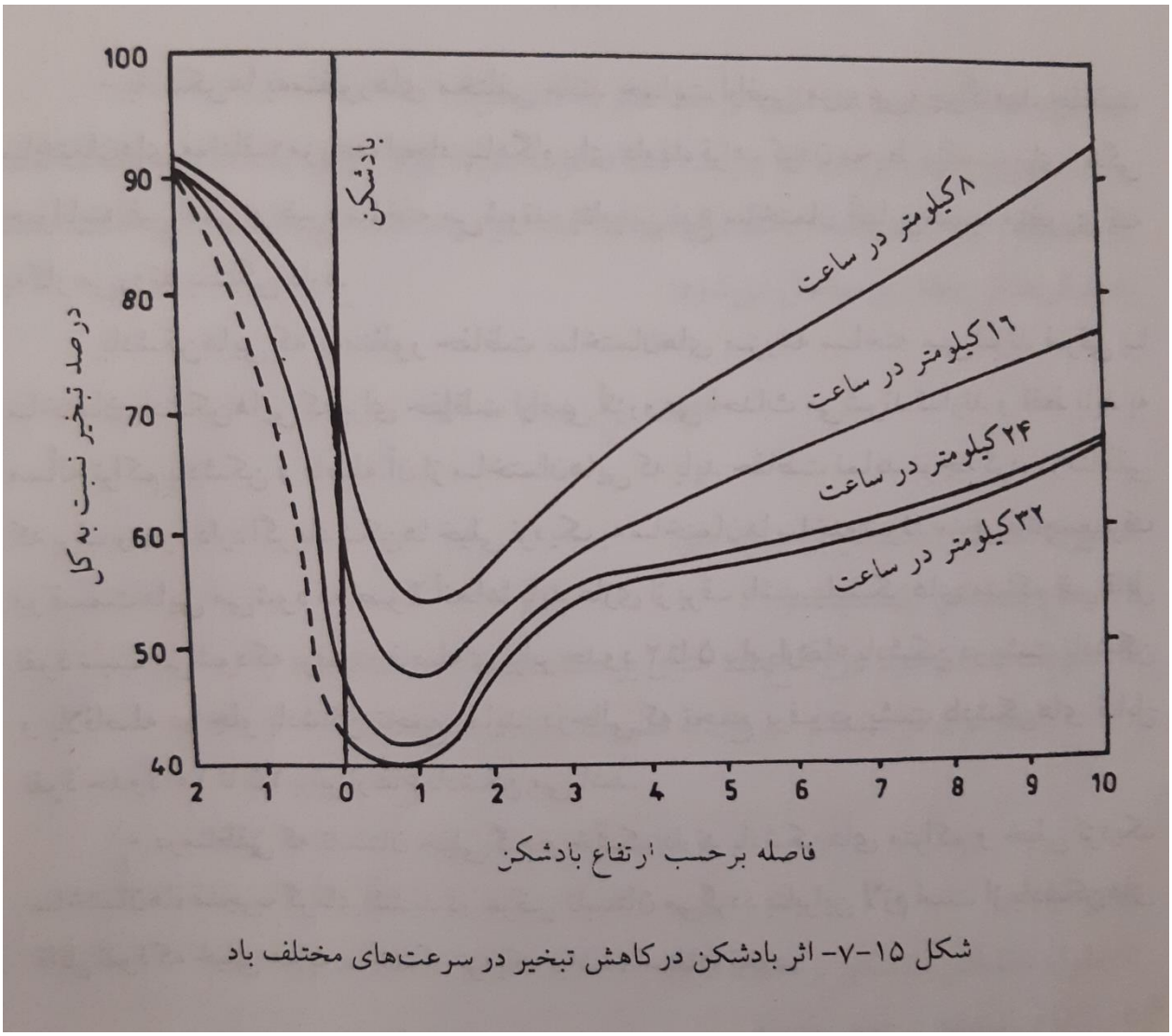


شکل ۱۴-۷- اثر دو بادشکن با ۲۰ و ۴۰ درصد تخلخل درکاهش میزان سرعت باد و میزان فرسایش

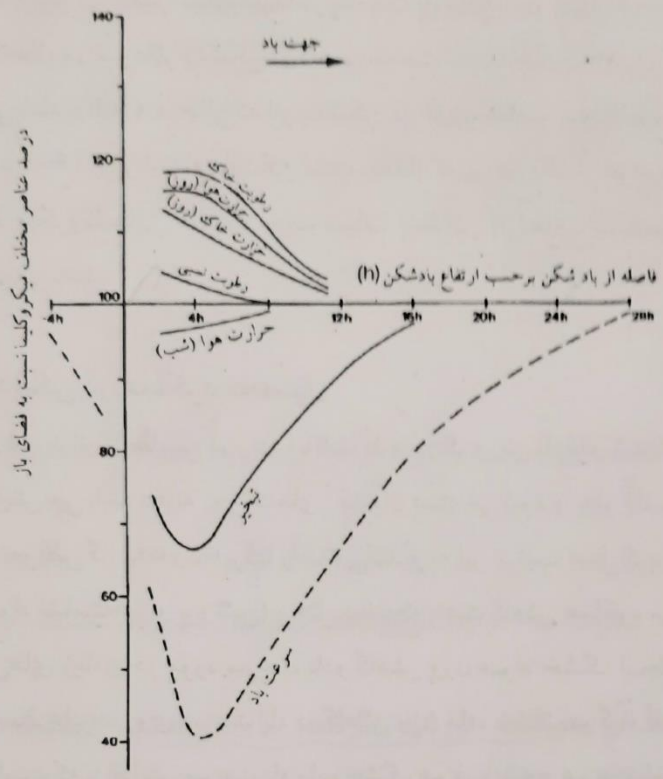


فاصله بادشکن ها (در شرایطی که نمیتوان بادشکن را عمود بر جهت باد قرار داد)

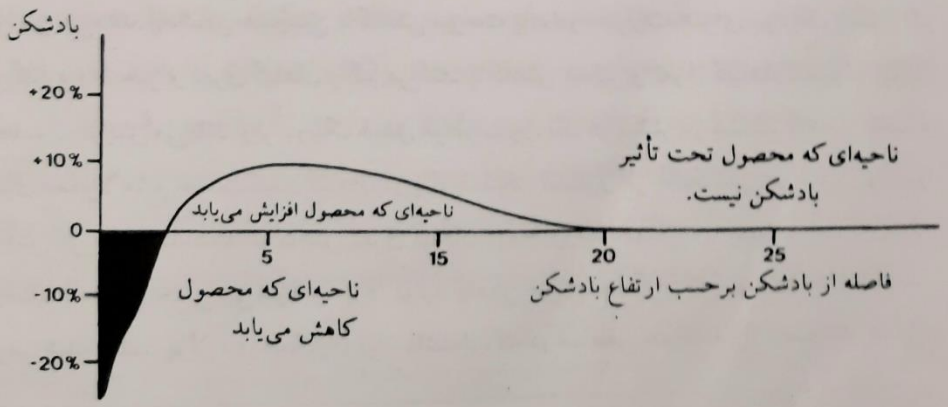
$W = d \cos \theta$



شکل ۱۵-۷- اثر بادشکن در کاهش تبخیر در سرعت‌های مختلف باد



شکل ۱۶-۷- تغییرات میکروکلیما در پشت یک بادشکن

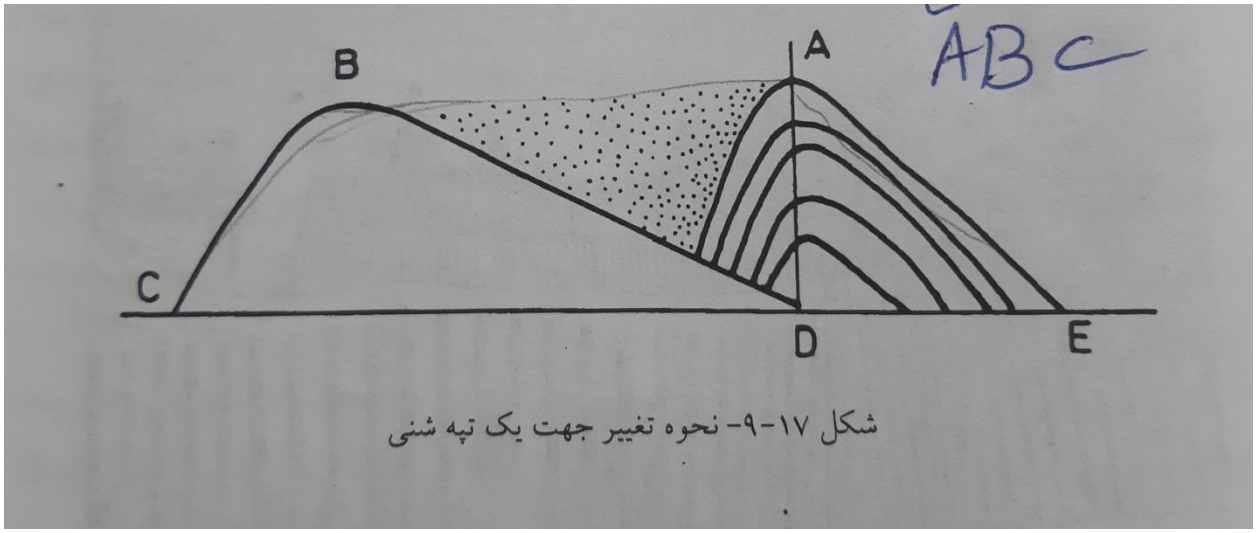


شکل ۱۷-۷- تغییرات میزان عملکرد در پناه بادشکن

۱۱- مالچ ها

تثبیت تپه ها و اراضی ماسه ای:

۱-تغییر جهت تپه ها



شکل ۱۷-۹- نحوه تغییر جهت یک تپه شنی

۲-بادشکن ها

۳-مالچ پاشی

۳-۱- مالچ نفتی

۳-۲- مالچ های غیر نفتی : پوشش های که عمدتا برای جلوگیری از تبخیر آب و افزایش محصول دهی استفاده می شوند. همچنین برای جلوگیری از رشد علف های هرز، افزایش نفوذ پذیری، افزایش فعالیت میکرو ارگانیسم ها، تولید محصولات زودرس و... (کمتر برای کنترل فرسایش بادی به کار میروند). از قبیل مالچ های آلی و طبیعی چون کاه و کلش، برگهای گیاهان، کودهای حیوانی، خاک اره، سنگریزه، نمک هایی چون کلرور سدیم یا پتاسیم و ... کوراسل ها و مالچ های مصنوعی مثل پشم شیشه، کاغذ، صفحات فلزی، لایه های پلاستیکی، پلی اتیلن و ...) برخی ز این مالچ ها هم برای کنترل فرسایش و حفاظت خاک استفاده می شوند:

-سنگ و سنگریزه،

-کاه و کلش

- محلول هایی چون کلرور سدیم و پتاسیم

-کوراسل

و...

۴-تثبیت تپه های ماسه ای با استفاده از پوشش گیاهی

۴-۱- مطالعات اولیه قبل از اقدام به ایجاد پوشش گیاهی

۴-۲-نکات کشت گیاهان در تثبیت ماسه های روان

۵-مدیریت تپه های ماسه ای تثبیت شده

- خصوصیات حرارتی ماه

-ویژگی رطوبتی ماسه

-بهره برداری از اراضی تپه های ماسه ای

ریزگردها dust:

یا گرد و غبار توده ای از ذرات جامد با قطر کمتر از ۶۳ میکرون عمدتا در اندازه سیلت و رس و شامل غبار و دود است که در جو پخش شده و دید افقی را کاهش میدهد.

ریزگرد پدیده‌ای اتمسفریک است و خاستگاه آن آلاینده‌های صنعتی، آمدوشد خودروها، آتش‌سوزی جنگل‌ها، گسترش بیابان‌ها، شخم زدن زمین در آب‌وهوای خشک ، تغییرات اقلیمی (کاهش رطوبت خاک و هوا)، تغییر کاربری های غیر اصولی، وزش بادهای شدید، خشکسالی و ... است. ریزگرد اغلب زمانی رخ می‌دهد که ذرات گردوغبار و دود در هوای خشک افزایش یابد.

ریزگرد درشت (۳۱ تا ۶۳ میکرون) تا فاصله ۳۲۰ کیلومتری از منطقه برداشت،

ریزگرد متوسط (۱۶ تا۳۱ میکرون) تا ۱۶۰۰ کیلومتری و

ریزگردهای کوچک (قطر کمتر از ۱۶ میکرون) بدون محدودیت فاصله در سراسر زمین پخش می شوند.

برداشت، انتقال و ته نشینی ریزگرد

۶- منشا ذرات ریزگرد بیابانی:

ذرات رس غیرآلی بر اثر هوازدگی شیمیایی به وجود می آیند. فرایند تشکیل سیلت بحث بر انگیز است:

۱-سایش (یخچالی، بر اثر انتقال رودخانه ای و بادی، در مناطق قطبی سایش بر اثر حرکت برف)

۲-انواع هوازدگی شامل یخبندان، اصابت نمک، هوازدگی دمایی، هوازدگی شیمیایی

۱- فرسایش مواد آلی مثل دیاتوم ها

۲- حرکت تپه های ماسه ای در نتیجه تغییر اقلیم یا تغییرات پوشش گیاهی

۳- در محیط های ژئومورفولوژیکی مختلف مثل مخروط افکنه ها ، پلایا ، سنگ های هوازده و مناطق نهشته شدن لس ها

سطوح بیابانی مستعد تولید ریزگرد:

۱-دریاچه های نمک خشک شده

۲-رسوبات وادیWadi

۳-خاک های رسیTakyr

۴-رخنمون سنگی مانند رسوبات ریز غیر یکنواخت نئوژن

کلاس عملی

-گلباد (کلاس عملی)

- گل طوفان (کلاس عملی)

-گلماسه (کلاس عملی)، نمودار برداری مقدار انرژی باد برای حمل ماسه بوده و بیانگر توان فرسایشی باد و مقدار نسبی حمل ماسه درجهات مختلف است. برخلاف گلبادکه واحد اندازه بازوها در آن بر حسب سرعت باد است، واحد بازوها در گلماسه بر اساس یک واحد برداری **v.u**،تعریف شده است.

با در نظر گرفتن چندین فرضیه لتو - لتو معادله زیر را برای انتقال ماسه بیان نمود:

$$q = (C'' p/g)\, V^2\, (V - Vt)$$

که در آن

q میزان انتقال ماسه $kg/m^3.hr$

g شتاب ثقل m/s^2

C مقداری ثابت و بی بعد که بر اساس قطر ذرات تعیین میشود،

p چگالی هوا $kg/m3$،

V سرعت برشی باد knot

V_tسرعت آستانه برشی باد

Fryberger این رابطه را به صورت زیر ساده کرد:

$$Q \propto V^2\, (V - Vt)\, t$$

که در آن:

Qمقدار انتقال ماسه که به صورت واحد برداری نشان داده میشود

Vسرعت باد در ارتفاع ۱۰متری به knot

Vt: سرعت آستانه فرسایشی باد

t فراوانی بادهای بیشتر از سرعت آستانه فرسایشی به درصد

ترکیبV^2 (V – Vt) فاکتور وزنی نامیده میشود و ، نشان میدهد که بادهای قویتر دارای وزن بیشتر و بادهای ضعیفتر دارای وزن کمتری هستند. به منظور کم کردن فاکتوروزنی و آسانتر شدن ترسیم گلماسه، مقدار فاکتور وزنی بر ۱۰۰ تقسیم میگردد. اولین مرحله در محاسبه قابلیت حمل ماسه، تعیین سرعت آستانه فرسایش میباشد که بنا به پیشنهادFryberger طبق رابطه Bagnold ، ۱۲ نات در نظرگرفته میشود. پس از تعیین مقادیر فاکتور وزنی و با در نظر گرفتن مقادیر فراوانی هریک از کلاسهای سرعت، مقادیر توان حمل (DP) برای هریک از جهات جغرافیایی و در هریک ازکلاسهای سرعت محاسبه شده و مجموع آنها به عنوانDPt در نظر گرفته میشود. FrybergerوDyne چندین شاخص را به شرح زیر از ترسیم گلماسه استخراج کرده که میتوانند برای تعیین جهت حرکت ماسه مفید باشد:

-مجموع توان حمل ماسه (DPt):

عبارت است از یک مقدار اسکالر یا عددی که از مجموع مقادیرDPمختلف حاصل میشود و در واقع شاخصی است که بیانگرکل انرژی باد جهت حمل ماسه در منطقه میباشد.

FrybergerوDyne قدرت فرسایشی باد را بر اساس شاخص توان حمل باد طبق جدول ۲ طبقه بندی کردند.

جدول ۲- تقسیم‌بندی قدرت فرسایشی باد در محیط‌های بیابانی (Fryberger & Dyne, 1979)

DP_t	قدرت فرسایشی باد
< ۲۰۰	کم
۲۰۰ – ۴۰۰	متوسط
> ۴۰۰	زیاد

-برآیند توان حمل ماسه (RDP): بیانگر مقدار برآیند بردار توان حمل ماسه میباشد که از جمع برداری مقادیر DP در جهات مختلف ۸ یا ۱۶ گانه حاصل میشود.

-جهت برآیند حمل ماسه RDD : جهت بردار برآیند حرکت ماسه را در طول سال، ماه یا فصل مورد نظر نشان میدهد.

-شاخص همگنی جهت باد UDI : شاخص همگنی یا تغییرپذیری جهت حمل ماسه است که عبارت است ازنسبت برآیند توان حمل ماسه به مجموع توان حمل ماسه.

Frybergerو Dyne تغییرپذیری جهت باد را بر اساس شاخص همگنی طبق جدول ۳ طبقه بندی کردند.

جدول ۳- تقسیم‌بندی شاخص تغییرپذیری جهت باد (Fryberger & Dyne, 1979)

UDI	قدرت فرسایشی باد	طبقه‌بندی جهات باد
> ۰/۸	کم	بادهای یک جهته
۰/۳ – ۰/۸	متوسط	بادهای دوجهته با زاویه منفرجه
< ۰/۳	زیاد	بادهای چند جهته مرکب با زاویه تند

با توجه به پیچیدگی و حجم بالای محاسبات آماری مربوط به ترسیم گلماسه، از نرم افزاری با عنوان گلماسه نما به منظور محاسبه و ترسیم استفاده(Sand Rose Graph) شد. این نرم افزار

که بر اساس معادلات و روابط پیشنهادی(فرایبرگر و لتو ، ۲۰۰۶) طراحی شده است قادر است با دریافت داده های بادسنجی ایستگاه مورد نظر و همچنین سرعت آستانه فرسایش بادی رخساره های مختلف مجاور ایستگاه، به تحلیل آماری و ترسیم گلماسه های مورد نظر بپردازد. گلماسه های رسم شده قادرند توان حمل ماسه توسط باد و جهت آن را بخوبی نشان دهند

-ارزیابی فرسایش بادی با استفاده از روش MICD

مرحله اول: تعیین نوع محیط بیابانی یا واحد کاری

در این مرحله به کمک مطالعات پایه اعم از تیپ ها،جوامع گیاهی و نقشه های کاربری اراضی ابتدا چشم اندازهای طبیعی از نظر نوع پوشش گیاهی و سپس محیط های بیابانی تفکیک می شود و علامت گذاری به شرح زیر انجام می شود:

۱-اراضی دارای پوشش گیاهی اعم از جنگل ها و مراتع P شامل:

۱-۱-اراضی دارای پوشش گیاهی طبیعی جنگلی P/f

۱-۲-.....مرتعی P/R

۱-۳-اراضی دارای پوشش گیاهی دست کاشت جنگلی ap/f

۱-۴-.....مرتعی ap/R

۲- اراضی فاقد پوشش گیاهی:

۲-۱-کوه های لخت(رخنمون سنگی) B(M)

۲-۲-اراضی کویری (B(s

۲-۳-اراضی رسی (B(c

۲-۴-اراضی با سطوح سنگفرشی (B(h

۲-۵-اراضی مارنی (B(b

۲-۶-تپه های ماسه ای فعال (B(s.d

۳-اراضی کشاورزی و آبادی ها A:

۳-۱-اراضی کشاورزی آبی(A(l

۳-۲-اراضی کشاورزی دیم(A(n

۳-۳-اراضی مسکونی و آبادی ها(A(b

مرحله دوم: امتیازدهی به شاخص های فرسایش بادی در واحدهای کاری بر اساس جداول زیر

جدول ۲- شاخصهای ارزیابی معیار فرسایش بادی در اراضی فاقدکاربری به روش پیشنهادی

ردیف	شاخصهای مورد ارزیابی	کلاس بیابان‌زایی	ناچیز و کم (I)	متوسط (II)	شدید (III)	بسیار شدید (IV)
		ارزش عددی شاخص	۱- ۰	۲ - ۱/۱	۳ - ۲/۱	٤ - ۳/۱
۱	تنوع رخساره‌های فرسایش بادی (آثار بادسایندگی خاک و ظهور رخساره‌های شلجمی شکل و یا کلوت)		بسیارکم- غیرقابل مشاهده	کم- کمتر از ۲ درصد عرصه	زیاد- ۲ تا ۱۰ درصد عرصه	بسیار زیاد - بیش از ۱۰ درصد عرصه
۲	وضعیت خاک سطحی		کاملاً سنگی- سنگفرش بیش از ۷۰ درصد- کراست رسی و یا نمکی سخت	نیمه‌سنگی- سنگفرش غیرمتراکم ۷۰-٤۰ درصد، کراست نسبتا" سخت رسی یا نمکی	سنگ و یا خاک نسبتا" حساس، یا کراست رسی نمکی نیمه‌پایدار، سنگریزه خاک سطحی کمتر از ٤۰ درصد	سنگ و خاک سطحی بسیار حساس و پودری، سنگریزه سطحی کمتر از ۲۰ درصد
۳	شوری و قلیائیت خاک سطحی (دسی‌زیمنس بر متر)		EC < ۸ SAR <۱۳ ESP < ۱۰	۸ < EC < ۱٦ ۱۳ < SAR < ۳۰ ۱۰ < ESP < ۳۰	۱٦ < EC < ۳۲ ۳۰ < SAR < ۷۰ ۳۰ < ESP < ۵۰	EC > ۳۲ SAR > ۷۰ ESP > ۵۰
٤	تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه (٦ متر در ثانیه در ارتفاع ۱۰ متر)		کمتر از ۱۰ روز در سال	۱۰ تا۲۰ روز در سال	۲۰ تا ٦۰ روز در سال	بیش از ٦۰ روز در سال
۵	بافت خاک سطحی (افق A)		سنگریزه‌ی یا رسی	رسی| شنی	شنی لومی- لومی شنی	لومی- ماسه‌ای
٦	مقاومت فشاری خاک در حالت خشک		بیش از ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	۱ -۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	۰/۵ -۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	کمتر از ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
۷	میزان بوته‌کنی در طی سال		کمتر از ۱۰ درصد از کل پوشش گیاهی در سال بر اثر بوته‌کنی از بین می‌رود	بین ۱۰ تا ۲۵ درصد از از کل پوشش گیاهی در سال بر اثر بوته-کنی از بین می‌رود	بین ۲۵ تا ۵۰ درصد از کل پوشش گیاهی در سال بر اثر بوته‌کنی از بین می‌رود	بیش از ۵۰ درصد از کل پوشش گیاهی در سال بر اثر بوته‌کنی از بین می‌رود
۸	آثار آشفتگی ناشی از تردد دام و ادوات در سطح خاک		بسیار کم	کم	زیاد	بسیار زیاد
۹	شخم اراضی مرتعی و میزان اراضی کم‌بازده رها شده		کمتر از ۱۵ درصد منطقه تحت‌تأثیر است	۱۵ تا ۵۰ درصد منطقه تحت‌تأثیر است	۵۰ تا ۷۵ درصد منطقه تحت‌تأثیر است	بیشتر از ۷۵ درصد منطقه تحت‌تأثیر است
۱۰	آثار انباشت خاک (ماسه بادی) در پای گیاهان و یا سنگها		اشکال انباشت ماسه بادی در سطح خاک دیده نمی‌شود	اشکال انباشت رسوبات بادی در کمتر از ۲ درصد	اشکال انباشت رسوبات بادی در ۲ تا ۱۰ درصد عرصه	نبکا و ریدو و پهنه‌های ماسه‌ای بیش از ۱۰ درصد عرصه

Archive of SID

جدول ٤- شاخصهای ارزیابی معیار فرسایش بادی در کاربری مرتع و جنگل به روش پیشنهادی

ردیف	شاخصهای مورد ارزیابی	کلاس بیابان‌زایی	ناچیز و کم (I)	متوسط (II)	شدید (III)	بسیار شدید (IV)
		ارزش عددی شاخص	۱- ۰	۲- ۱/۱	۳ - ۲/۱	٤ - ۳/۱
۱	تنوع رخساره های فرسایش بادی (آثار بادسایندگی خاک و ظهور رخساره های شلجمی شکل و یا کلوت)		بسیار کم- غیر قابل مشاهده	کم- کمتر از ۲ درصد عرصه	زیاد- ۲ تا ۱۰ درصد عرصه	بسیار زیاد- بیش از ۱۰ درصد عرصه
۲	تراکم پوشش گیاهی مؤثر در سطح خاک و یا تراکم سنگریزه (بیش از ۲ میلیمتر) در سطح خاک		کاملاً سنگی- سنگفرش بیش از ۷۰ درصد- کراست رسی و یا نمکی سخت	نیمه‌سنگی- سنگفرش غیرمتراکم (٤٠)	سنگ و یا خاک نسبتاً حساس	سنگ و خاک سطحی بسیار حساس
۳	شوری و قلیائیت خاک سطحی (دسی‌زیمنس بر متر)		EC < ۸ SAR <۱۳ ESP < ۱۰	۸ < EC < ۱٦ ۱۳ < SAR < ۳۰ ۱۰ < ESP < ۳۰	۱٦ < EC < ۳۲ ۳۰ < SAR < ۷۰ ۳۰ < ESP < ۵۰	EC > ۳۲ SAR > ۷۰ ESP > ۵۰
٤	تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه(٦ متر در ثانیه در ارتفاع ۱۰ متر)		کمتر از ۱۰ روز در سال	۱۰ تا۲۰ روز در سال	۲۰ تا ٦۰ روز در سال	بیش از ٦۰ روز در سال
۵	بافت خاک سطحی (افق A)		سنگریزه‌ای یا رسی	رسی شنی	شنی لومی- لومی شنی	لومی- ماسه‌ای
٦	میزان بوته‌کنی در طی سال		کمتر از ۱۰ درصد از کل پوشش گیاهی در سال بر اثر بوته‌کنی از بین می‌رود	بین ۱۰ تا ۲۵ درصد از کل پوشش گیاهی در سال بر اثر بوته‌کنی از بین می‌رود	۵ بین ۲۵ تا ۵۰ درصد از کل پوشش گیاهی در سال بر اثر بوته‌کنی از بین می‌رود	بیش از ۵۰ درصد از کل پوشش گیاهی در سال بر اثر بوته‌کنی از بین می رود
۷	آثار آشفتگی ناشی از تردد دام و ادوات در سطح خاک		بسیار کم	کم	زیاد	بسیار زیاد
۸	شخم اراضی مرتعی و میزان اراضی کم بازده رها شده		کمتر از ۱۵ درصد منطقه تحت‌تأثیر است	۱۵ تا ۵۰ درصد منطقه تحت‌تأثیر است	۵۰ تا ۷۵ درصد منطقه تحت‌تأثیر است	بیشتر از ۷۵ درصد منطقه تحت‌تأثیر است
۹	آثار انباشت خاک (ماسه بادی) در پای گیاهان و یا سنگها		اشکال انباشت ماسه بادی در سطح خاک دیده نمی‌شود	اشکال انباشت رسوبات بادی در کمتر از ۲ درصد	اشکال انباشت رسوبات بادی در ۲ تا ۱۰ درصد عرصه	تپکا و ربدو و پهنه-های ماسه ای بیش از ۱۰ درصد عرصه
۱۰	مدت زمان ماندگاری گیاه در سطح خاک		**در تمام طول سال**	**بیش از ۹ ماه از سال**	**کمتر از ٦ ماه و با فصل باد**	**کمتر از ۳ ماه و با فصل باد**

Archive of SID

جدول ۲- شاخصهای ارزیابی معیار فرسایش بادی در اراضی فاقدکاربری به روش پیشنهادی

ردیف	شاخصهای مورد ارزیابی	کلاس بیابانزایی	ناچیز و کم (I)	متوسط (II)	شدید (III)	بسیار شدید (IV)
		ارزش عددی شاخص	۱- ۰	۲ - ۱/۱	۳ - ۲/۱	٤ - ۳/۱
۱	تنوع رخساره‌های فرسایش بادی (آثار بادسایندگی خاک و ظهور رخساره‌های شلجمی شکل و یا کلوت)		بسیارکم- غیرقابل مشاهده	کم- کمتر از ۲ درصد عرصه	زیاد- ۲ تا ۱۰ درصد عرصه	بسیار زیاد - بیش از ۱۰ درصد عرصه
۲	وضعیت خاک سطحی		کاملاً سنگی- سنگفرش بیش از ۷۰ درصد- کراست رسی و یا نمکی سخت	نیمه‌سنگی- سنگفرش غیرمتراکم ۷۰-٤۰ درصد، کراست نسبتا" سخت رسی یا نمکی	سنگ و یا خاک نسبتا" حساس، یا کراست رسی نمکی نیمه‌پایدار، سنگریزه خاک سطحی کمتر از ٤۰ درصد	سنگ و خاک سطحی بسیار حساس و پودری، سنگریزه سطحی کمتر از ۲۰ درصد
۳	شوری و قلیائیت خاک سطحی (دسی‌زیمنس بر متر)		EC < ۸ SAR <۱۳ ESP < ۱۰	۸ < EC < ۱٦ ۱۳ < SAR < ۳۰ ۱۰ < ESP < ۳۰	۱٦ < EC < ۳۲ ۳۰ < SAR < ۷۰ ۳۰ < ESP < ۵۰	EC > ۳۲ SAR > ۷۰ ESP > ۵۰
٤	تداوم وزش باد با سرعت بیش از سرعت آستانه (٦ متر در ثانیه در ارتفاع ۱۰ متر)		کمتر از ۱۰ روز در سال	۱۰ تا۲۰ روز در سال	۲۰ تا ٦۰ روز در سال	بیش از ٦۰ روز در سال
۵	بافت خاک سطحی (افق A)		سنگریزه‌ی یا رسی	رسی شنی	شنی لومی- لومی شنی	لومی- ماسه‌ای
٦	مقاومت فشاری خاک در حالت خشک		بیش از ۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	۱ -۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	۰/۵ -۱ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع	کمتر از ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
۷	میزان بوته‌کنی در طی سال		کمتر از ۱۰ درصد از کل پوشش گیاهی در سال بر اثر بوته‌کنی از بین می‌رود	بین ۱۰ تا ۲۵ درصد از کل پوشش‌گیاهی در سال بر اثر بوته-کنی از بین می‌رود	بین ۲۵ تا ۵۰ درصد از کل پوشش‌گیاهی در سال بر اثر بوته‌کنی از بین می‌رود	بیش از ۵۰ درصد از کل پوشش‌گیاهی در سال بر اثر بوته‌کنی از بین می‌رود
۸	آثار آشفتگی ناشی از تردد دام و ادوات در سطح خاک		بسیار کم	کم	زیاد	بسیار زیاد
۹	شخم اراضی مرتعی و میزان اراضی کم‌بازده رها شده		کمتر از ۱۵ درصد منطقه تحت‌تأثیر است	۱۵ تا ۵۰ درصد منطقه تحت‌تأثیر است	۵۰ تا ۷۵ درصد منطقه تحت‌تأثیر است	بیشتر از ۷۵ درصد منطقه تحت‌تأثیر است
۱۰	آثار انباشت خاک (ماسه بادی) در پای گیاهان و یا سنگها		اشکال انباشت ماسه بادی در سطح خاک دیده نمی‌شود	اشکال انباشت رسوبات بادی در کمتر از ۲ درصد	اشکال انباشت رسوبات بادی در ۲ تا ۱۰ درصد عرصه	نبکا و ریدو و پهنه‌های ماسه‌ای بیش از ۱۰ درصد عرصه

Archive of SID

-مقاومت فشاری خاک:

جدول (۳-۸) جدول مقاومت فشاری خاک

وضعیت	مقاومت فشاری خاک در شرایط خشک (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع)
سله رسی و یا نمکی بسیار ضعیف و یا پراکنده در سطح زمین دیده می‌شود، رد پا و یا فشار انگشت به راحتی قابل مشاهده است، برداشت مشتی از خاک به کمک دست به راحتی امکانپذیر است.	کمتر از ۰/۵
سله رسی یا نمکی ضعیف و پراکنده در سطح خاک یا مزرعه دیده می‌شود، رد پا و اثر فشار انگشت در سطح خاک قابل مشاهده است، امکان برداشت خاک با دست وجود دارد.	۰/۵-۱
سله رسی یا نمکی نسبتاً سخت در سطح خاک وجود دارد، رد پا و یا اثر انگشت در سطح خاک تا حدی محسوس است، امکان برداشت خاک با دست به سختی امکانپذیراست.	۱-۲
سله رسی و یا نمکی کاملاً سخت در سطح خاک وجود دارد، رد پا و یا اثرانگشت در سطح خاک باقی نمیماند، امکان برداشت مشتی از خاک با دست غیر ممکن می‌باشد.	بیش از ۲

-شاخص غبارناکی

DSI=5SD+MD+LDF/20

SD: تعداد روزهای طوفان گردوغبار شدید و معادل تعداد روزهای طوفان گردوغبار با قدرت دید افقی کمتر از ۲۰۰ متر

MD : تعداد روزهای طوفان گردوغبار با شدت متوسط و معادل تعداد روزهای طوفان گردوغبار با قدرت دید افقی ۱۰۰۰-۲۰۰ متر

LDF: تعداد روزهای با گردوغبار محلی و معادل تعداد روزهای غبارآلود ناشی از گردوغبار با قدرت دید بیش از ۱۰۰۰ متر و چگالی غبار بیش از ۰/۱۵ گرم در مترمکعب

مرحله سوم: برآورد وضعیت فرسایش بادی

بعد از امتیازدهی به شاخص ها در هر واحد کاری ، مجموع امتیازات شاخص ها در هر واحد کاری به دست می آید که طبق جدول زیر نشان دهنده فرسایش در هر واحد است.

از رابطه زیر بر اساس میانگین وزنی (بر پایه مساحت) میتوان فرسایش در کل منطقه را به دست آورد:

= شدت فرسایش در کل منطقه

مساحت کل منطقه / (فرسایش در واحد کاری n * مساحت آن) + ...+ (فرسایش در واحد کاری ۱* مساحت آن)

جدول ۵- طبقه‌بندی شدت **فرسایش بادی**

ارزش کمی شدت	طبقه‌بندی کیفی شدت	کلاس شدت فعلی
۱۰- ۰	ناچیز و کم	I
۲۰ - ۱۰/۱	متوسط	II
۳۰ - ۲۰/۱	شدید	III
۴۰ - ۳۰/۱	بسیار شدید	IV

مرحله چهارم: تهیه نقشه بیابانزایی بر اساس واحدهای کاری