شبيه سازي عددي دوبعدي انتشار غبار بياباني

زهره عليزاده فرد ، حسن خالقي زوار، محمدتقي زمانيان

۱- كارشناس ارشد هواشناسي (دانشگاه آزاد اسلامي – دانشكده علوم و فنون دريائي)
۲- استاديار دانشگاه آزاد اسلامي – واحد تهران شمال (دانشكده علوم و فنون دريائي)
۳- استاديار دانشگاه آزاد اسلامي- عضو هيات علمي پژوهشكده هواشناسي

چكيده: ما دراين كار تحقيقي قصد داريم كه به شبيه سازي انتشار گردوخاك و غبار بيابـاني و و توفـان هـاي گردوخـاكي در مناطق بياباني و نيمه بياباني بپردا زيم. اين مدل بر پايه معادلات تغييرات انباشتگي (تمركز) گردوخاك كه در مدل هاي انتقال اويلـري به كار برده شده اند پايه گزاري شده است و فر آيندهائي مثل توليد و فرا رفت و انتـشار و اغتـشاشات تلاطمـي شـار گردوخـاك- ورودي به جو را در نظر مي گيرد و ميزان انتقال گردوخاك در يك لايه كم ضخامت بالاي سطح زمين كه لايه فرعي ويسكوزيناميده- مي شود و انتقال گرد و خاك در اين لايه به واسطه انتشار مولكولي مي باشد در نظر گرفته مي شود. علاوه بر اين تاثير خـصوصيات- بافت خاك(اثرات اندازه و نوع دانه بندي خاك) و مكانيك خاك و اثر رطوبت خاك در نظر گرفته شده است و با داشتن نقـشه هـاي- بافت خاك و ميدان باد افقي در مناطق بياباني و نيمه بياباني با انتخاب شبكه مناسب و روش هاي تفاضل محدود در خور، فاكتور توليد- گردو خاك و همچنين ميزان نشست (فرونشيني) ذرات را با توجه به اندازه هاي ذرات بر اساس قانون اسـتوكس محاسـبه مـي كنـد .از آنجايي كه شرق و جنوب كشور در معرض فرسايش بادي هستند و همچنين وجود بادهاي صدو بيست روزه سيستان در اين مناطق مي- تواند موجب توفانهاي گردوخاك و انتقال شار گردوخاك به جو شود؛ اين مدل مي تواند به عنوان يك ابزار مناسب براي تخمين ميزان- انباشتگي (تمركز) گردوخاك در دوره هاي زماني ۲۴ ساعته در مناطق شرق و جنوب شرقي كشور به كار رود.

واژه هاي كليدي: شبيه سازي عددي ، انتشارگردوغبار، نشست (فرونشيني) گروغبار، لايه فرعي ويسكوزي، فاكتور توليد گردوخاك

۱- مقدمه

گردوخاك و توفان هاي گردوخاك وشن پديده هاي مشابهي هستندكه درنواحي خشك و نيمه خشك- جهان رخ مي دهند. همان طور كه در بسياري از مقالات تحقيقي ذكر شده، گردوخـاك در بيابـان هـا؛ عامـل- موثري در فرآيندهاي مهم زمين شناسي و تغييرات آب وهوائي مي باشد؛ نتيجـه منطقـي مطالعـات انجـام شـده، بيانگر آن است كه توفان گردوخاك در تشكيل خاك، ويراني يا حاصلخيزي آن؛ نقش به سزايي دارد و همچنـين تاثير آن بر روي فرسايش خاك و ارتباط آن با كشاورزي و مسائل سلامتي بـشر قابـل ملاحظـه اسـت. مقـادير-

زيادي گردوخاك مي تواند تحت شرايط خاص به حركت در آمده و درون جو وارد شوند. در طيف انرژي-مرئي، ذرات گردوخاك بخشي از انرژي تابشي را به فضا باز مي گردانند بنابراين سرد شدن خالصي را در جو، توليد مي نمايند كه از نظر بزرگي هم مرتبه نرخ گرم شدن توسط گاز هاي گلخانه اي مي باشد. به واسطه-اثرات گردوخاك بر محيط زيست و اقليم ما احتياج داريم اين پديده را از نظرفيزيكي بهتر درك كنيم و همچنين بتوانيم پيش بيني دقيقي از چرخه گردوخاك در جو ارائه دهيم به دنبال اين انگيزه چندين مدل عددي-گردوخاك براي مطالعه فرآيندهاي انتشار گردوخاك به كار گرفته شده است (تگان و فانگ ، ۱۹۹٤ و وستفال[1] و همكاران ، ۱۹۸۷ و ۱۹۸۸ و نيكويك[2] و همكاران ۱۹۹۷). معادلات اين مدل بر پايه معادلات تغييرات-تمركز (انباشتگي) گردوخاك كه در مدل هاي انتقال اويلري به كاربرده شده اند، پايه گزاري شده است. بنابراين ميزان انباشتگي گردوخاك در مكان و زمان مشخص، اگرچشمه ها وچاهه هاي گسيل گردوخاك و شرايط مرزي و اوليه مشخص باشند؛ به دست آورده مي شود. مساله اساسي در اين است كه، فرآيند هائي مثل فرا رفت و انتشار در اين معادلات به طور جامع؛ در نظر گرفته شوند.

۲-تعريف موضوع

۲-۱- شبيه سازي عددي

شبيه سازي عبارت است از پيش بيني وضعيت هائي كه ما در گذشته از دست داده ايم؛ يعني ما وضعيت گذشته را به وسيله به كاربردن داده هاي آزمايشگاهي و شرايط آزمايشگاهي شبيه سازي مي كنيم وهمچنين محيط بررسي تغييرات، يك محيط آزمايشگاهي مي باشد. اصطلاح شبيه سازي عددي در واقع شبيه-سازي يك پديده بر اساس روابط رياضي است، كه مي تواند در توجيه - فيزيك مساله به كار رود. يعني با استفاده از طراحي شرايط آزمايشگاهي و محيط آزمايشگاهي براساس روابط رياضي و به كار بردن ابزارهاي-برنامه نويسي پيش رفته مي توانيم به شبيه سازي يك پديده جوي بپردازيم.

[1] *Westphal*
[2] *Nicovic*

۲-۲ - انتشار

درهواشناسی مبادله بسته هاي شاره[۳] و به اين ترتيب انتقال ويژگي[٤] هاي پايستار [٥] شاره، بين مناطقي درفضا در شكل ظاهرا حركات تصادفي در مقياسي بسيار كوچك تر از آن چه كه بتواند توسط معادله حركت [٦] مورد بررسي واقع گردد را انتشار گويند (هوشكه ، ۱۹۸۹).

۳- نگره علمي مدل

معادلات اين مدل بر پايه معادلات تغييرات تمركز (انباشتگي) گردوخاك كه در مدل هاي انتقال- اويلري به كار برده شده اند، پايه گزاري شده است. بنابراين ميزان انباشتگي گردوخاك در مكان و زمان- مشخص، اگر چشمه ها و چاهه هاي گسيل گردوخاك و شرايط مرزي و اوليه مشخص باشند؛ به دست آورده- مي شود. مساله اساسي در اين است كه، فرآيند هائي مثل فرا رفت وانتشاردر اين معادلات به طور جامع؛ در- نظر گرفته شوند.

۳-۱- چهارچوب اصلي معادلات

در اين مدل [۷] ، چرخه گردوخاك بياباني به واسطه مجموعه K تايي مستقل از معادلات انباشتگي- گردوخاك به روش اويلري در نظر گرفته شده است كه عبارتند از :

$$\partial C_k/\partial t = -u\partial C_k/\partial x - v\partial C_k/\partial y - (w - v_{gk})\partial C_k/\partial z - \nabla(k_H \nabla C_k) - \partial/\partial z(k_z \partial C_k/\partial z) + (\partial c_k/\partial t)_{SOURCE} - (\partial C_k/\partial t)_{SINK}$$

$$k = 1,2,...,K \qquad (۱)$$

$$C = \sum_{k=1}^{K} \delta_k C_k \qquad (۲)$$

$$\sum_{k=1}^{K} \delta_k = 1 \qquad (۳)$$

[3] *Fluid parcels*
[4] *Property*
[5] *Conservative*
[6] *Equation of motion*
[7] *Slobondan Nickvic,2001,Jour.Geophysical research ,Vol.106,No.D16,PAGES 18,113-18,129.*

در اين مدل، معادلات براي يك دستگاه ٤ ذره اي در نظرگرفته مي شودكه شامل رس[8]، لاي ريز[9]، لاي-درشت[10] و شن[11] مي باشد و از اندر كنش هاي[12] بين ذره اي صرفنظر شده است (تگان – فانگ[13] ، ۱۹۹۷). در معادله (۱) C_k انباشتگي گردوخاك k امين ذره؛ v,u مولفه هاي ميدان سرعت افقي؛ w مولفه قائم-سرعت؛ v_{gk} سرعت فرونشيني (نشست) ذرات؛ ∇ گراديان افقي؛ k_H ضريب انتشار افقي؛ k_Z ضريب-انتشار قائم ؛ $(\frac{\partial C_k}{\partial t})_{SOURCE}$ جمله محاسبه چشمه و $(\frac{\partial C_k}{\partial t})_{SINK}$ جمله محاسبه چاهه ها مي باشند. در معادله-(۲) C مجموع وزني انباشتگي هاي گردوخاك براي K ذره و δ_k ضرايب وزني K ذرات گردوخاك مي-باشند.

۳-۲- منابع گردوخاك[14]

فرسايش خاك[15] در اثر باد اساسا به واسطه عوامل زير كنترل مي شود:۱ - نوع خاك(تغييرات شعاعي-ذرات)؛ ۲- نوع پو شش گياهي؛ ۳- محتواي رطوبت خاك، ٤-تلاطم در جو. ميزان گردوخاك وارد شده به جو در طي مراحل زير محاسبه مي شود: مرحله اول: شامل وارد كردن ضريبي است كه نشان دهنده شاخصي براي تعيين اثر پوشش گياهي در اين مدل مي باشد. به صورت عملي ما با در نظر گرفتن تعداد مناطق بياباني و نيمه بياباني كه در كل شبكه ما قرار مي گيرد، ضريب α را كه شاخصي براي تعيين اثرات پو شش گياهي در اين مدل مي باشد در محاسبات مدل وارد مي كنيم. اپا[16] و همكارانش در سال ۱۹۹۲، نواحي توليد كننده-گردوخاك را با در نظر گرفتن جرم بياباني [17] از ديگر نواحي تفكيك كردند. در مواردي كه حداقل يكي از انواع مختلف پوشش گياهي جدول (۱) روي نقاط شبكه مورد مطالعه ما در مدل قرار بگيرد ضريب α به صورت زير محاسبه مي شود:

$$\alpha^{i,j} = \frac{\sum M_n^{i,j}}{N} \qquad (٤)$$

[8] *Clay*
[9] *Small silt*
[10] *Larg silt*
[11] *Sand*
[12] *Interaction*
[13] *Tegan-Fung*
[14] *Dust sources*
[15] *Wind erosion*
[16] *Epa*
[17] *Desert mask*

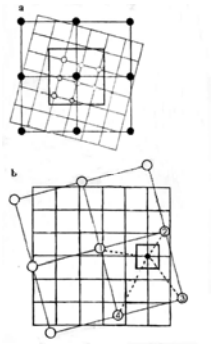
در اينجا i, j معرف مختصات ميدان افقي نقاط مختلف شبكه و N تعداد كلاس هاي مختلف پوشش گياهي است كه در منطقه مورد مطالعه قرار مي گيرد. در مواردي كه انواع پوشش هاي گياهي موجود در جدول (۱) در روي نقاط شبكه ما قرار نگيرند (رجوع كنيد به شكل (۱)) در اين صورت α از رابطه زير محاسبه مي شود:

$$\alpha^{i,j} = \sum_{m=1}^{4} \varphi_m^{i,j} M_m^{i,j} \qquad (۵)$$

براي محاسبه فرمول (۵) مطابق شكل (۱-b) از چهار نقطه مجاور استفاده شده است .براي محاسبه α براي نقاط مختلف شبكه بر اساس تقسيم بندي هاي پوشش گياهي جهاني مقدار M از جدول (۱) محاسبه مي شود:

M شماره رمز [۱۸]	نوع پو شش گياهي [۱۹]	جرم بياباني [۲۰]
۸	بيابان – سنگهاي كاملا لخت[۲۱] – شن و ماسه	۱/۰
۵۰	بيابان شني - تپه هاي شني نسبتا روان[۲۲]	۱/۰
۵۱	نيمه بياباني –بيابان پوشيده شده با خار و خاشاك[۲۳] – چمن زار تنك [۲۴]	۰/۵
۵۲	استپ	۰/۵
باقي موارد		۰

جدول (۱)



شكل (۱)

[18] -code number
[19] -vegetation type
[20] -desert mask
[21] -mostly bare stone
[22] -partly blowing dunes
[23] -desert scrub
[24] - sparse grass

مرحله: ۲ شامل وارد كردن يك ضريبي در مدل كه شاخصي براي تاثير اثرات بافت خاك در اين مدل براي چهار ذره رس و لاي درشت و ريز و شن مي باشد كه اين ضريب β_k مي باشد. مطابق با جدول (۲) β_k براي چهار نوع ذره و بافت هاي خاك مختلف به صورت زير در نظر گرفته مي شود:

Texture	*Cosby soil type*	*Clay*	*Small silt*	*Large silt*	*Sand*
Coarse	*Loamy sand*	*0.12*	*0.08*	*0.08*	*0.80*
Medium	*Silty clay loam*	*0.34*	*0.56*	*0.56*	*0.10*
Fine	*Clay*	*0.45*	*0.30*	*0.30*	*0.25*
Coarse-medium	*Sandy loam*	*0.12*	*0.18*	*0.18*	*0.70*
Coarse-fine	*Sandy clay*	*0.40*	*0.10*	*0.10*	*0.50*
Medium-fine	*Clay loam*	*0.34*	*0.36*	*0.36*	*0.00*
Coarse-medium-fine	*Sandy clay loam*	*0.22*	*0.18*	*0.18*	*0.00*

جدول (۲)

مرحله ۳- شامل وارد كردن ضريبي در مدل كه شاخصي براي نشان دادن اثر اندازه وچگالي ذرات مي-باشد اين ضريب به عنوان γ در نظر گرفته مي شود كه مطابق جدول (۳) براي انواع ذرات مختلف مي باشد.

نوع ذره	شعاع نوعي ذره $R_k(\mu m)$	چگالي ذره $\rho_{pk}(gcm^{-3})$	γ_k
رس	۰/۷۳	۲/۵۰	۰/۰۸
لاي كوچك	٦/۱۰	۲/٦۵	۱/۰۰
لاي بزرگ	۱۸/۰۰	۲/٦۵	۱/۰۰
شن	۳۸/۰۰	۲/٦۵	۰/۱۲

جدول (۳)

مرحله ٤- محاسبه عامل [۲۵] توليد گرد و خاك مي باشد كه با رابطه زير محاسبه مي شود:

$$\delta_k = \alpha\beta_k\gamma_k \qquad (۶)$$

[25] *Production factor*

كه اين عامل بر اساس جداول (۱)، (۲)و(۳) براي تمام نقاط شبكه مورد نظر ما قابل محاسبه است.
مرحله ۵ – ابتدا بايد چهار مرحله بالا را براي پردازش داده هاي اوليه مدل بر اساس نقشه هاي خاك شناسي- مربوط به منطقه مورد مطالعه قبل از اينكه مدل اجرا شود انجام شود. پس از آن با اجراي مدل بر اساس ميدان- باد افقي ميزان گردوخاك اضافه شده در جو محاسبه مي شود. دراين مرحله ابتدا بايد به محاسبه شار- ورودي گردوخاك به جو بر اساس خصوصيات بافت خاك و ميدان باد افقي بپردازيم.

۳-۳-محاسبه جمله منبع $(\frac{\partial C_k}{\partial t})_{SOURCE}$:

براي محاسبه شار ما از فرمول شاؤ[۲۶] كه بر اساس آزمايشات تونل باد نتيجه بهتري داده است استفاده- مي كنيم اين معادله نشان مي دهد كه وقتي سرعت اصطكاكي از سرعت اصطكاك آستانه بيشتر باشد در اين- صورت ما شار گردوخاك به داخل جو خواهيم داشت.

$$F_{sk} = const \times u_*^2 \left(1 - \left(\frac{u_{*tk}}{u_*}\right)^2\right) \qquad u_{*tk} \le u_* \qquad (۷)$$

درفرمول (۷) u_* سرعت اصطكاكي در سطح زمين و u_{*tk} سرعت اصطكاك آستانه براي ذرات مختلف مي- باشد. نهايتا با در نظر گرفتن اثر عامل توليد گردوخاك [۲۷] (δ_k) ميزان انباشتگي سطحي گردوخاك با استفاده از رابطه زير محاسبه مي شود. (نيكلينگ – گيليز[۲۸] ، ۱۹۸۹).

$$C_{sk} = c_1 \times \delta_k u_*^2 \left(1 - \left(\frac{u_{*tk}}{u_*}\right)^2\right) \qquad u_{*tk} \le u_* \qquad (۸)$$

در فرمول (٤-۷) c_1 ثابت تجربي ، δ_k عامل توليد گردوخاك، u_* سرعت اصطكاكي و u_{*tk} سرعت اصطكاك- آستانه ذرات مي باشد. سرعت اصطكاك آستانه براي شروع فرسايش خاك بوسيله باد قويا تابع رطوبت خاك

[26] *Shao*
[27] *Dust production factor*
[28] *Nickling-Gillies*

و اندازه ذرات خاك مي باشد. رطوبت ميزان سرعت اصطكاك آستانه را افزايش مي دهدومقدار شـار ورودي- گردوخاك به جو را كاهش مي دهد. اگر فرض كنيم خاك- منطقه خشك باشدسرعت اصطكاك آستانه ذرات- مختلف بر اساس فرمول تجربي باگنولد[۲۹] و همكاران، ۱۹٤۱ با دستور زير محاسبه مي شود:

$$u_{*_{tk}} = A_k \sqrt{2gR_k \frac{\rho_{pk} - \rho_a}{\rho_a}} \qquad (۹)$$

در رابطه (۹) R_k شعاع ذرات، ρ_{pk} چگالي ذرات مختلف، $\rho_a = 1000 kg/m^3$ ، g شتاب گرانش زمـين و A_k براي چهار ذره بر اساس يافته هاي تجربي وايت [۳۰]، ۱۹۷۹ به صورت زير در نظر گرفته مي شود:

$$A_k = \{Clay, small\ silt, large\ silt, sand\} = \{1, 0.7, 0.4, 0.12\}$$

$$g = 9.81 kgm/s^2$$

به اين ترتيب با جايگزاري شعاع وچگالي از جدول (۳) سرعت اصطكاكي را براي چهار نوع ذره محاسبه مـي- كنيم.

۳-٤- اثرات لايه فرعي ناروان[۳۱]:

در بالاي سطح زمين (مناطق بياباني ، نيمه بياباني و غيره) براي توجيه حركات قائم بسته هوا دو لايـه در نظر گرفته مي شود يك لايه نازك ناروان[۳۲] كه حركات قائم بسته هوا به واسطه پخش مولكـولي[۳۳] در نظـر- گرفته مي شود و يك لايه اي بالاي اين لايه ناروان [۳٤] كه شار در آن بر پايه اختلاط هـاي تلاطمـي [۳۵] در نظـر- گرفته مي شود (جانجيك[۳٦] ،۱۹۹٤). به اين ترتيب داريم:

$$\left(\frac{\partial C_k}{\partial t}\right)_{source} = -\frac{F_{sk}}{\Delta z} \qquad (۱۰)$$

Δz عمق پائين ترين لايه مدل، انديس k نشان دهنده نوع ذره، F_{sk} شار تلاطمي انباشتگي گردوخـاك، بالاي لايه ناروان است. شار تلاطمي [۳۷] بوسيله فرا سنج هاي لايه ناروان [۳۸] به صورت زير تعيين مي- شود:

---

[29] *Bagnold*
[30] *White*
[31] *Viscouse sub layer effects*
[32] *Thin viscose sub layer*
[33] *Molecular diffusion*
[34] *Viscose sub layer*
[35] *Turbulant mixing*
[36] *Janjic*
[37] *Turbulence flux*

$$F_{sk} = \nu \frac{C_{ok} - C_{sk}}{z_c} \qquad (۱۱)$$

انديس o نشان دهنده مقادير انباشتگي در سطح مشترك[۳۹] لايه ناروان [۴۰] و تلاطم[۴۱]، انديس s نشان دهنده- مقادير انباشتگي سطح زمين و z_c عمق لايه ناروان مي باشد.

۳-۵- محاسبه جمله نشست (فرونشيني):

كلا دو نوع نشست براي ذرات مختلف گردوخاك وجود دارد يكي نشست خشك و ديگري نشست- مرطوب مي باشد. نشست (فرونشيني)خشك شامل انتشار تلاطمي سطحي[۴۲] و انتشار براوني [۴۳] و نشست- گراني [۴۴] مي باشد(جورجي [۴۵] ، ۱۹۸٦). سرعت نشست خشك [٤٦] به وسيله فرمول زير تعيين مي شود:

$$v_{dep} = \frac{1}{\frac{1}{v_{SL}} + \frac{1}{f_{BO} v_{IL}}} \qquad (۱۲)$$

v_{SL} سرعت نشست تلاطمي [۴۷] در لايه ميان $z_s, 10m$ مي باشد. v_{IL} نشست تلاطمي[۴۸] در قله لايه ناروان [۴۹]، f_{BO} ثابت تجربي مي باشد كه به نوع پوشش گياهي منطقه بستگي دارد و نشست (فرونشيني) گردوخاك از رابطه زير محاسبه مي شود:

$$\left(\frac{\partial C}{\partial t}\right)_{drydep} = -\left(\frac{C v_{dep}}{\Delta z}\right)^{LM} \qquad (۱۳)$$

انديس LM در رابطه (۱۳) معرف پائين ترين لايه مدل و Δz عمق پائين ترين لايه مدل مي باشد.

---

[38] *Viscose sub layer parameter*
[39] *Interface*
[40] *Viscose layer*
Turbulent layer [41]
[42] *Surface turbulence diffusion*
[43] *Brawnian diffusion*
[44] *Gravitational settlement*
[45] *Georgi*
[46] *Dry deposition velocity*
[47] *Turbulent deposition velocity*
[48] *Turbulent deposition*
[49] *Viscouse sub layer*

۳-٦- فرا رفت افقي [50] : فرا رفت افقي انباشتگي گردوخاك عبارت است از:

$$(\partial C/\partial t)_{hadv} = -u\frac{\partial c}{\partial x} - v\frac{\partial c}{\partial y} \quad (١٤)$$

در مدل *Eta/NCEP* [51] ، طرحواره هاي پيشنهادي (جانجيك، ۱۹۹۷) براي محاسبه عددي فرارفت افقي انباشتگي گردوخاك به كار برده شده است. در يك بعد با سرعت فرارفت- ثابت معادلات فرارفتي به واسطه رابطه زير جداسازي مي شود:

$$C_j^{n+1} = C_j^n - \mu\frac{C_j^n - C_{j-1}^n}{\Delta x} - \frac{1}{3}\mu(C_{j-1}^n - 2C_j^n + C_{j+1}^n) \quad (١٥)$$

در رابطه (۱۵) j مشخص كننده نقاط شبكه، n سطوح زماني و μ عدد كورانت مي باشدكه با رابطه زير محاسبه مي شود:

$$\mu = c(\Delta t / \Delta x) \quad (١٦)$$

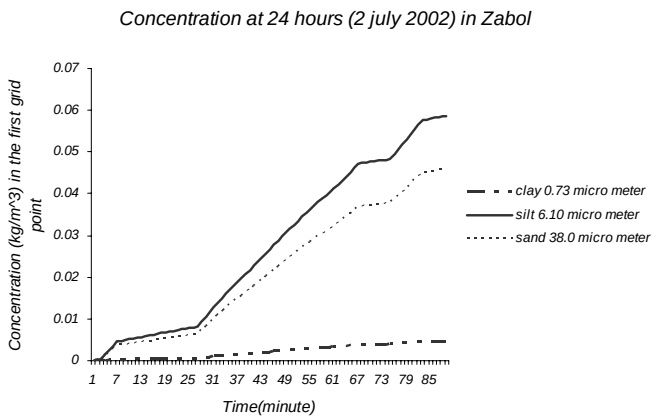
در رابطه (١٦) c سرعت موج، $\Delta t, \Delta x$ به ترتيب گام مكاني و گام زماني مي باشند.
ر حالت دو بعدي، طرحواره به دست آمده به صورت مجموع در جهت x, y در نظر گرفته مي شود.

٤-نتايج و تجربيات : ما بر اساس معادلات نگره علمي مدل و با استفاده از سيستم عامل *C#* نرم افزار- محاسبه عددي انباشتگي گردوخاك طراحي شده است. براي امتحان عملكرد نرم افزار محاسبه توليد گردوخاك طبق توضيحاتي كه قبلا داده شد منطقه زابل به عنوان منطقه نمونه انتخاب شد از آنجائيكه در اين منطقه كلا در ماه جولاي پديده گردوخاك ودرمواردي طوفان هاي گردوخاك گزارش شده است اين منطقه به عنوان يك نمونه موردي انتخاب شد. اين نرم افزار براي محاسبه انباشتگي گردوخاك در ۲۴ ساعت طراحي شده است.
پس از اجراي مدل براي منطقه زابل نتايج زير در دوره زماني ۲۴ ساعته در دوم جولاي سال ۲۰۰۲ براي انباشتگي گردوخاك در خانه هاي مختلف شبكه به دست مي آيد. از آنجائي كه در منطقه زابل هر سه نوع ذره-

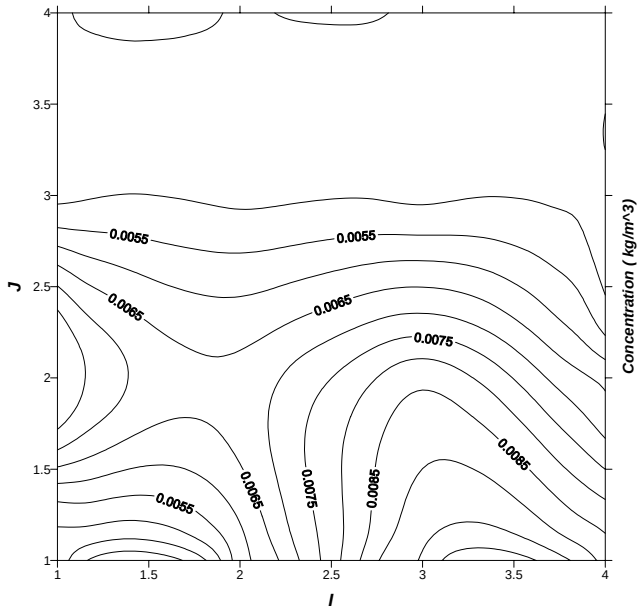
[50] *Horizental advection*
[51] *Natural center for environmental prediction*

رس و لاي و شن وجود دارد و سرعت باد در ماه جولاي در اين منطقه به حدي است كه از سرعت آستانه- حركت اين سه ذره بيشتر است لذا انباشتگيگردوخاك، شامل انباشتگي هاي سه ذره مي باشد.

٤-١- تحليل بيست و چهار ساعته و ساعتي خروجي مدل : پس از اجراي مدل براي منطقه زابل نتايج زير در دوره زماني ۲۴ ساعته در دوم جولای سال ۲۰۰۲ برای انباشتگی گردوخاك در خانه هاي مختلف شبكه به- دست مي آيد.



نمودار (۱) : روند تغييرات انباشتگي در خانه اول شبكه در يك دوره زماني ٢٤ ساعنه



نمودار (۲) : تغييرات انباشتگي رس ساعت ۲۱ روز ۲ جولاي ۲۰۰۲ در زابل
شعاع رس:۰/۷٦ ميكرومتر سرعت باد: ۲۱ متر بر ثانيه جهت باد: ۳۳۰

از آنجائي كه در منطقه زابل هر سه نوع ذره رس و لاي و شن وجود دارد وسرعت باد در ماه-جولاي در اين منطقه به حدي است كه از سرعت آستانه حركت اين سه ذره بيشتر است لذا انباشتگي-گردوخاك، شامل انباشتگي هاي سه ذره مي باشد كه در نمودار(۱) نشان داده شده است. بررسي-نمودار (۱) نشان مي دهد كه بيشترين مقدار انباشتگي هاي گردوخاك مربوط به لاي مي باشد اين نتيجه در واقع همان نتيجه مورد انتظار ماست زيرا خاك هاي رسي به دليل چسبندگي بين ذرات خاك در برابر فرسايش بادي مقاومند و خاك هاي شني چون اندازه آنها از نظر انتقال خيلي نسبت به رس و لاي خيلي درشت است داراي انباشتگي كمتري هستند و در برابر فرسايش بادي مقاومند. از آنجائي-كه در ماه جولاي به دليل وجود بادهاي ۱۲۰ روزه سيستان در منطقه سرعت باد زياد است واز سرعت-اصطكاك آستانه اين سه نوع ذره خيلي بيشتر است پس هر سه ذره به جو انتقال مي يابند و مقادير-انباشتگي گردوخاك شامل هر سه نوع ذره مي باشد. بررسي تغييرات ۲۴ ساعته ميدان باد در روز ۲ جولاي ۲۰۰۲ در منطقه زابل نشان مي دهد كه مقادير سرعت باد از ۱۶ متر بر ثانيه تا ۲۲ متر بر ثانيه در ساعت هاي سينوپتيكي تغيير مي كند و جهت باد در اين دوره ۲۴ ساعته ۳۳۰ درجه مي باشد و بافت-خاك در كليه نقاط شبكه از شني رسي تا رسي شني تغيير مي كند و باد با جهت ۳۳۰ درجه باعث-فرارفت ذرات از خانه هاي غربي شبكه به خانه هاي شرقي شبكه مي شود لذا همان طور كه نمودارها نشان مي دهند مقادير انباشتگي گردوخاك در نقاط شرقي شبكه بيشتر بوده و در اين دوره زماني ۲۴ - ساعته مقادير گردوخاك از ساعت ۰۰ تا ساعت ۲۱ براي سه ذره روند صعودي دارند و اين با نتايجي كه ما انتظار داريم كاملا تطابق دارد. نمودار(۲) نشان مي دهد كه مقادير انباشتگي گردوخاك از غرب به شرق روندي افزايشي داشته و از شمال به جنوب ميزان انباشتگي گردوخاك كاهش مي يابد كه اين نتيجه همان نتيجه مورد انتظار ماست زيرا باد در اين ماه در اين منطقه از جهت ۳۳۰ درجه مي وزد كه مولفه هاي اين باد باعث تغييرات فوق مي شوند. همچنين با گذر زمان از مقايسه نمودارهاي مربوط به خطوط هم مقدار مربوط به سه ذره درمنطقه اين نتيجه حاصل مي شود كه مقدار انباشتگي گردوخاك به دليل حضور بادهاي قوي در اين دوره زماني مرتبا افزايش مي يابد و مقادير انباشتگي گردوخاك در اين منطقه به ۰/۰۵ كيلوگرم بر مترمكعب مي رسد و چون ميزان سرعت باد در اين منطقه بالاست مسلما با گذشت چند روز متوالي با ميدان باد قوي و با توجه به اقليم منطقه و نوع بافت خاك ميزان-انباشتگي گردوخاك درجو مي تواند باعث خطرات مالي و جاني و كاهش ديد و خسارات جبران-

ناپديري شود لذا بررسي اين پديده در اين منطقه و كلا در مناطق شرقي و جنوب شرقي كشور امري حياتي است.

٤- پيشنهادات

۱- اين پروژه مي تواند به عنوان سرآغازي براي محاسبه انباشتگي گردوخاك در كليه مناطق شرقي و جنوب-شرقي كشور كه داراي اقليم بياباني و نيمه بياباني هستند باشد.

۲- براي كاليبره كردن مدل و تطبيق كامل آن با اقليم مناطق شرقي و جنوب شرقي كشور نياز به داشتن-اطلاعات واقعي انباشتگي گردوخاك در ارتفاعات مختلف مي باشيم كه تا كنون اقدامي براي اندازه گيري اين پديده در اين مناطق انجام نشده است لذا محاسبه مقادير واقعي انباشتگي گردوخاك در اين مناطق، امري حياتي به نظر مي رسد.

۳- از آنجائي كه نقشه هاي بافت خاك موجود براي مصارف كشاورزي تهيه شده است و در بيشتر مناطق-جنوب شرقي كشور مطالعات خاك شناسي جامعي كه قادر به تهيه اطلاعات ورودي مدل باشد موجود نبود اين مساله مي تواند به عنوان يك پروژه براي تهيه اطلاعات ورودي مورد نياز براي مدل باشد.

٤- از آنجائي كه زبري [۵۲] در مناطق مختلف بر حسب نوع پوشش گياهي هر منطقه تغيير مي كند براي بالا-رفتن دقت نتايج به دست آمده از اين مدل، محاسبه زبري در مناطق در معرض پوشش فرسايش بادي قرار-دارند امري ضروري به نظر مي رسد.

۵- چون در اقليم فرودگاهي مساله وقوع پديده گردوخاك و توفان هاي گردوخاكي به دليل كاهشي كه در مقدار ديد خلبان دارد وهمچنين صدماتي كه مي تواند به موتور هواپيما وارد كند، لذا محاسبه ميزان انباشتگي-گردخاك در فرودگاه هاي مناطق بياباني و نيمه بياباني از اهميت ويژه اي برخوردار است.

۶- نهايتا پيشنهاد مي شود به عنوان حساسيت اين مساله و تاثيري كه اين پديده به عنوان يك آلاينده جوي دارد و خسارت هاي مالي و جاني كه به همراه دارد محاسبه مقادير انباشتگي گردوخاك در دستور كار پروژه-هاي ملي سازمان هواشناسي براي مناطق وسيعي از ايران كه تحت تاثير اين پديده قرار دارند به كار رود.

[52] *Roughness*

مراجع :

1-Shao, Y. (2000): 'Physics and Modeling of Wind Erosion'. Kluwer Academic, Dordrect
2- Ahlberg, H.,et al.(1967):' The theory of splines and their applications,Math.in Sci and Eng', Volume38,ACADEMIC PRESS INC.
3- Nickovic, S. , Kallos,G. , Papadopoulos , A. and Kakaliagou ,O.(2001) : ' A model for prediction of desert dust cycle in the atmosphere'. Journal of jeophysical Res ,106, 18,113-18,129.
4-Shao, Y., Raupach, M. R., and Findlater, P. A., 1993 : ' Effect of saltation bombardment on the entrainment of dust by wind'. Journal of Geophysical Research, 98, 20,719-20,726.

5-Donald W. (Bill) & Sherry Fryrea ,1993 : ' A model to mathematically describe vertical distribution' . Soil Science 155:294-300.
6-wind erosion model in north west Egypt , Journal Soil & Water Conservation 55 (2):183-189, 2000)
7-R.J.Kind,1992 :' One-Dimensional Aeolian suspension above beds of loose particles-a new concentration –profile equation' . Jornal of atmospheric science , Vol 26A, No,5, 927-931.
8- Shao ,Y .2001,:' Amodel For Mineral Dust Emission . Jornal of geophysical research ,Vol .106, No.D17,p.20,239-20,254..
9-Michael R.Raupach, Hua lu, 2004 : ' Representation of land- surface processes in eolian transport models'. Jornal of Environmental Modeling and software 19(2004) 93-112

10- M. J. Miller and A.J. THORP, 1981 :' Radiation condition for the lateral boundries of limited-area numerical modeles. Quart. J. R .Met.Soc. (1981) ,107 , pp. 615-628

11-Paul A. Goodwin . Microscale of sand-sized soil Aggregates Eroded by wind, journal of geophysical research, vol.79. N.27.

12-Adrian E.Gill, 1991 : Atmospheric- ocean Dynamic, Academic press, INC.
13-James R.Holton, 1992: An Introduction to Dynamic Meteorology, Academic press., 132pp.
14-Byron S.Gottfried,1996 :Theory and problem of Programing with C,McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS,Scheaum's out line series.
۱۴- كدرواني ، پ.، ۱۳۴۷، جغرافياي خاك، انتشارات دانشگاه تهران .
۱۵-معتمد ، احمد.، ۱۳۵۱، رسوب شناسي (۱) و (۲) روش هاي مطالعه، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۶- رفاهي ، ح، ۱۳۷۵، فرسايش آبي و كنترل آن ، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۷- رفاهي ، ح، ۱۳۷۵، فرسايش بادي و كنترل آن ، انتشارات دانشگاه تهران.
۱۸- حاج جمشيدي، ف.، ۱۳۷۶، رياضيات عمومي پيشرفته (۱)و (۲) ، گردآوري از كتاب هاي سري شامز، انتشارات صفار.
۱۹- ترجمه نيرومند راد، ا.، ۱۳۷۷، مكانيك كيث ر .سايمون ، انتشارات دانشگاه علمي صنعتي شريف.