

بررسی رابطه دانه‌بندی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای حسن آباد بافق با جهت باد فرساینده با استفاده از زمین آمار

محمدجواد قانعی بافقی*^۱ و علیرضا یاراحمدی^۲

^۱ عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بافق، ایران

^۲ عضو هیأت علمی دانشگاه یزد، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۲/۱۹، تاریخ تصویب: ۸۹/۶/۲۹)

چکیده

هدف اصلی این مقاله ارائه شاخصی علاوه بر شاخص‌های موجود برای تعیین جهت باد فرساینده در منطقه ارگ حسن آباد بافق است. بدین منظور با کمک آمار ایستگاه سینوپتیک بافق، گلبادهای ماهانه و فصلی و سالانه رسم گردید، مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای بر اساس تصاویر ماهواره‌ای منطقه و بازدید صحرایی بررسی و بادهای غالب تعیین گردید. جهت بادهای رسوب زا نیز از پرسشنامه‌های منطقه‌ای استخراج گردید. نمونه رسوب از شبکه منظم ۵۰۰×۵۰۰ متری بر تصویر ماهواره‌ای ارگ تهیه و ضمن دانه‌بندی با الک‌های آزمایشگاهی، نمودارهای تجمعی و پراکنش قطرمیانگین آنها بر حسب فی و میکرون رسم و فاکتور میانگین قطر محاسبه گردید. جهت تعیین شاخصی با عنوان وابستگی فضایی (خود همبستگی مکانی) پارامتر قطر دانه‌بندی ماسه‌های ارگ از علم زمین آمار و مفهوم واریوگرام به عنوان ابزاری جهت تعیین تداوم دانه‌بندی، شعاع تاثیر (شعاع وابستگی فضایی دانه‌بندی) و ناهمسانگري در وابستگی فضایی استفاده گردید. در این مطالعه واریوگرام خوش‌منظر برازش شده و کنترل شده دانه‌بندی ارگ علاوه بر اثبات صدق فرضیه پایایی درجه دو در منطقه، ثابت می‌نماید که جهت‌داری با بیشترین وابستگی فضایی مربوط به آزیموت صفر درجه (جهت جنوب - شمال) می‌باشد. تحلیل آنیزوتروپی هندسی نیز بیشترین شعاع تاثیر را به این جهت‌داری و کمترین را به جهت عمود بر آن یعنی جهت شرقی غربی منطقه تعلق می‌دهد. که عملاً با جهت باد فرساینده ارگ همخوانی و تطابق دارد. از دیگر مزایای روش زمین آمار تخمین با تعیین خطای تخمین است در این خصوص تخمین دانه‌بندی برای بلوک‌هایی با ابعاد ۵۰×۵۰ متر بر اساس روش کریجینگ عادی با دقتی قابل قبول صورت گرفت.

واژه‌های کلیدی: ارگ حسن آباد، زمین آمار، فرسایش بادی، جهت باد فرساینده، گرانولومتری

مقدمه

مختلف انجام شد و در آن از روش‌های آمار کلاسیک برای بیان تفاوت بین بسترها و از زمین آمار برای بیان تغییرات داخل هر بستر استفاده گردید و خصوصیات مورد مطالعه شامل توزیع اندازه ذرات خاک، مقدار کربنات کلسیم و کربن آلی خاک بود نتایج نشان داد که تغییرپذیری خصوصیات خاک از بسترهای جوان تا قدیمی کاهش داشته است و این نمایانگر افزایش همگنی خاک با گذشت زمان می‌باشد (Saldana. et al. 1998).

تحقیق حاضر نیز زمین آمار را به کمک می‌گیرد تا وجود وابستگی فضایی قطر میانگین رسوبات، جهت‌داری و ناهمسانگردی این وابستگی، و امکان تخمین دانه‌بندی را در یک مجموعه تپه ماسه‌ای بوجود آورد. در زمین آمار وابستگی یک متغیر با خودش نسبت به زمان و مکان مورد مطالعه قرار می‌گیرد و اساس آن بر متغیرهای ناحیه‌ای که متغیرهای وابسته به مکان و زمان هستند بنا شده است. روش‌های زمین آماری زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرند که اطلاعات برداشتی زیاد و در حد امکان منظم بوده و فرضیه پایایی وابستگی فضائی در منطقه مورد مطالعه صدق نماید. این تحقیق بر فرضیه وجود وابستگی فضایی بین قطر میانگین ذرات رسوب و انطباق جهت‌داری بیشترین وابستگی فضایی با جهت باد فرسایشی استوار شده است.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه ارگ حسن‌آباد بافق واقع در ۱۸ کیلومتری شمال غرب این شهرستان بوده و در عرض جغرافیایی $31^{\circ} 40' 20''$ تا $31^{\circ} 43' 58''$ درجه شمالی و طول جغرافیایی $55^{\circ} 20' 3''$ تا $55^{\circ} 17' 55''$ درجه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱).

مواد و روش‌ها

مواد

در این تحقیق به منظور بررسی خصوصیات و اشکال مختلف تپه‌های ماسه‌ای از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای منطقه استفاده شد و در دانه‌بندی رسوبات از الکهای ۲ میلی‌متر، ۱ میلی‌متر، ۰/۵

بیش از دو سوم مساحت ایران را اراضی خشک و نیمه خشک فرا گرفته است. در این اراضی کمبود پوشش گیاهی و بدون حفاظ ماندن زمین عاملی در جهت افزایش حساسیت خاک و گسترش فرسایش بادی است.

در کنترل فرسایش بادی یکی از عوامل مهم تشخیص جهت بادهای غالب منطقه است. از جمله روش‌های تشخیص جهت باد و مسیر حرکت و منشأ رسوبات در مناطق مختلف میتوان بررسی گلبادهای منطقه و اشکال فرسایش بادی در منطقه (Ekhtesasi, M. R, et al. 1996)، تعیین جهت باد از روی اشکال تپه‌های ماسه‌ای (Ahmadi et al., 2001, 2002) بررسی ارتباط ژنتیکی بین رسوبات تپه ماسه‌ای با رسوبات اطراف (motamed. 1996, 1991, 1988) و بالاخره تهیه پرسشنامه از ساکنین منطقه (Ekhtesasi. 1996) را نام برد.

در منطقه ابراهیم‌آباد مهریز که از روش کریجینگ به منظور تخمین درصد سنگفرش بیابانی و سرعت آستانه فرسایش بادی استفاده شد، نتایج نشان داد استفاده از زمین‌آمار و روش کریجینگ معمولی، شیوه مناسب و دقیقی جهت تهیه نقشه پارامترهای مؤثر در فرسایش بادی از جمله توزیع پوشش و خطوط هم سرعت آستانه می‌باشد (Azimzadeh, et al. 2005).

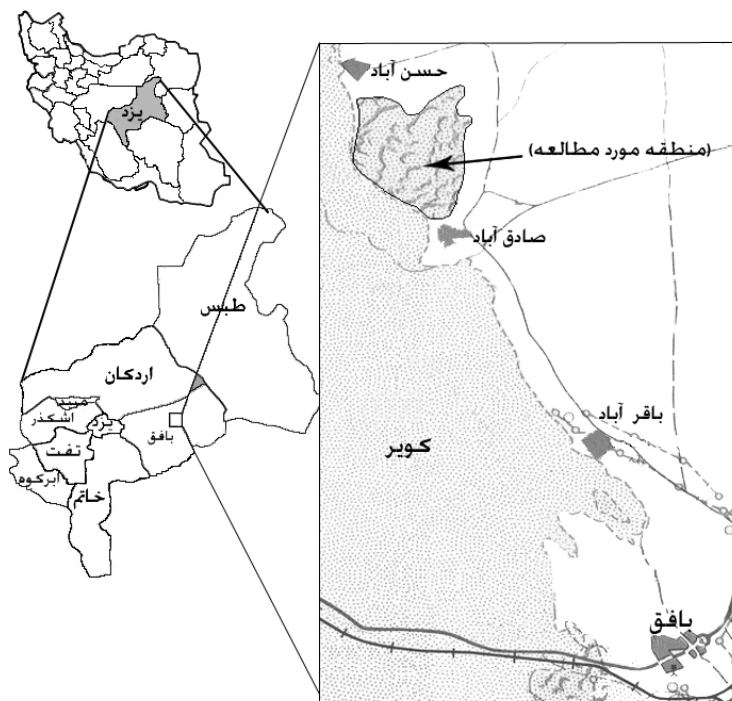
در بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک روش‌های زمین آماری دارای مزایای بیشتری نسبت به روش‌های معین در تهیه نقشه خاک است (Mohammad Asgari, H. 2007).

در تحلیل خصوصیات خاک با کمک روش‌های ژئواستاتستیکی شامل کریجینگ و کوکریجینگ در بررسی خصوصیات نظیر فسفر، کلسیم، منیزیم و آهن قابل استخراج، درصد شن، سیلت و رس خاک، توزیع مکانی خصوصیات خاک که با روش کریجینگ تخمین زده شده با توزیع واقعی داده‌ها، همبستگی بالایی دارند. (Chien, et al. 1997)

در تحقیقی که در بستر رودخانه هنارس^۱ در سه زمان

افزار WRPLOT و در مطالعات زمین آماری، منوی زمین آمار نرم افزار SURPAC بکار گرفته شد.

۲۵۰ میکرون، ۱۲۵ میکرون و ۶۳ میکرون در آنالیز سرنندی استفاده گردید. در تهیه گلبادهای منطقه نرم



شکل ۱- نمای کلی از موقعیت منطقه مورد مطالعه در شمال غرب شهرستان بافق

فرضی (بادهای فرساینده و جهت عمود بر آن) بر روی تصویر ماهواره‌ای این تپه‌ها قرار گرفت و نمونه‌برداری در گره‌های شبکه انجام گردید (شکل ۲). آنالیز سرنندی بر روی نمونه‌های ۵۰۰ گرمی انجام و با کمک داده‌های آنالیز سرنندی میانگین قطر رسوبات از طریق فرمول زیر محاسبه گردید.

$$M = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3} \quad (1) \text{ (فولک } 1974)$$

بطوریکه M عبارتند از میانگین قطر رسوبات و ϕ_{50} ، ϕ_{16} و ϕ_{84} به ترتیب قطرهایی است که ۱۶، ۵۰ و ۸۴ درصد وزنی ذرات دارای قطری کمتر از آن باشند.

روش‌ها

در این تحقیق از رسوبات تپه‌های ماسه‌ای ۴۰ نمونه تهیه گردید و در آزمایشگاه الک شد و با رسم نمودارهای تجمعی قطر ذرات رسوب، قطر میانگین ذرات محاسبه شده و با کمک روش‌های زمین آماری وابستگی فضایی قطر میانگین ذرات و جهت این وابستگی بررسی گردید. به منظور بررسی جهت بادهای فرساینده و غالب در منطقه از گلبادهای فصلی و سالیانه و همچنین بررسی اشکال مختلف تپه‌های ماسه‌ای روی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه پرسشنامه از ساکنین منطقه استفاده شد.

روش نمونه‌برداری

به منظور نمونه‌برداری از تپه‌های ماسه‌ای حسن‌آباد و جهت جلوگیری از ایجاد انحراف در نمونه‌برداری و خطاهای سیستماتیک در تخمین‌های زمین آماری شبکه منظمی در راستای جهات دارای بیشترین و کمترین ارتباط فضایی

تهیه گلبادهای منطقه

در تهیه گلباد از آمار روزانه ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک بافق استفاده شد که در فاصله ۱۸ کیلومتری محل تپه‌های ماسه‌ای واقع شده است. در این مطالعه آمار مربوط به سالهای ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۵ برای رسم گلبادهای فصلی و سالانه منطقه استفاده گردید.

بررسی مرفولوژی تپه‌های ماسه‌ای

مطالعه مرفولوژی تپه‌های ماسه‌ای با کمک تصاویر ماهواره‌ای و بازدید صحرایی می‌تواند علاوه بر مشخص کردن نوع و میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای، جهت بادهای فرساینده و حمل رسوب را نیز مشخص کند، چرا که مرفولوژی تپه‌های ماسه‌ای تابع جهت باد و نحوه رسوبگذاری توسط آن می‌باشد. از این رو شکل خاص هر نوع تپه و موقعیت آن در ارگ می‌تواند دریافتن جهت وزش بادهای حامل رسوب و شکل دهنده تپه‌ها به ما کمک کند. به این منظور نوع تپه‌ها و جهت باد غالب در ارگ حسن‌آباد مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج

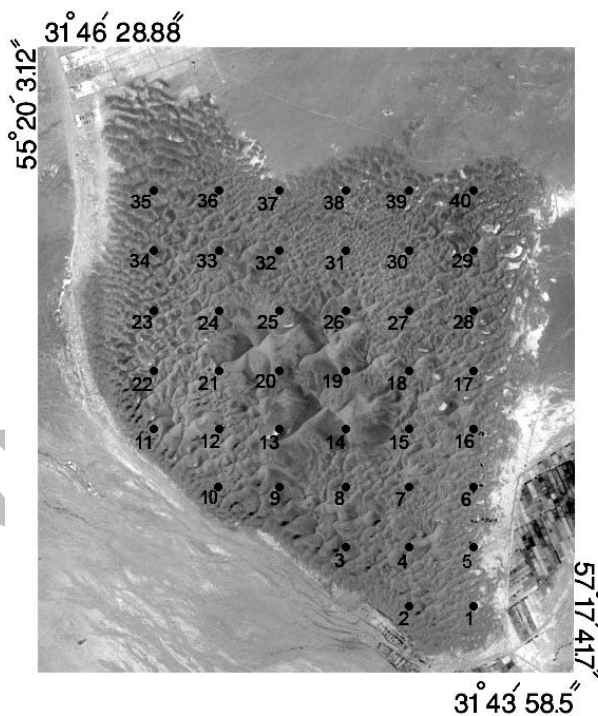
رسم گلبادهای منطقه

در این بخش گلبادهای ماهانه، فصلی و سالانه ایستگاه سینوپتیک بافق رسم گردید که در شکل‌های ۳ و ۴ گلبادهای فصلی و سالانه این ایستگاه آورده شده است.

تهیه پرسشنامه

از پرسشنامه‌های تکمیل شده از محدوده اطراف تپه‌های ماسه‌ای نتایج ذیل حاصل شد.

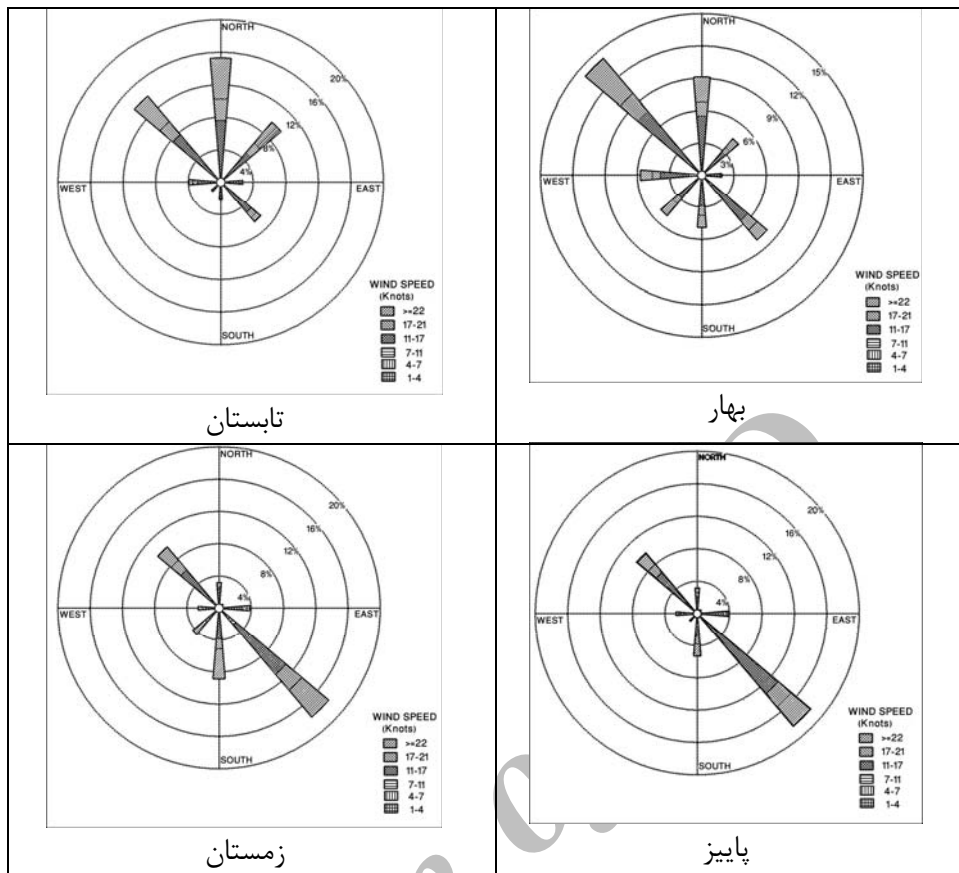
- بادهای غالب در منطقه شمال غرب و جنوب شرق و شمالی و جنوبی است که بادهای اصلی محسوب شده و به بادهای بالا و پایین مشهورند.
- در بین بادهای باد پایین (قطاع شمالی) از شدت بیشتری برخوردار است.
- در بین بادهای باد پایین (قطاع شمالی) بیشترین رسوب را با خود به منطقه حمل می‌کند.



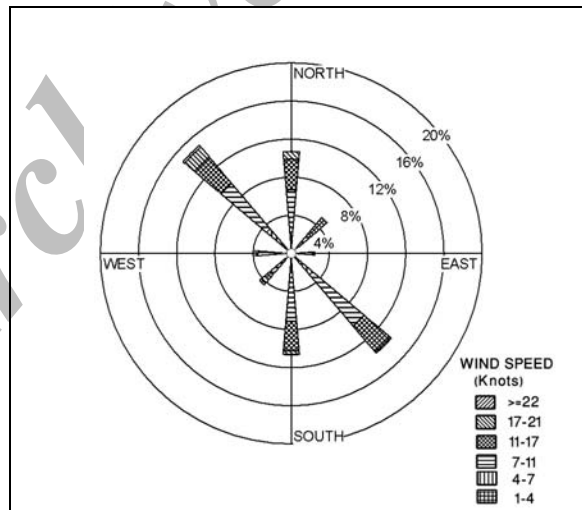
شکل ۲- شبکه نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه

تهیه پرسشنامه از ساکنین منطقه

نظر به اینکه ساکنین محدوده منطقه مورد مطالعه طی سالها زندگی در منطقه آشنایی کاملی با جهت وزش بادهای غالب و بادهای فرساینده دارند و می‌توان از این اطلاعات به عنوان منبعی موثق از جهت بادهای حامل رسوب استفاده کرد طی مراجعه به روستاهای صادق آباد و حسن‌آباد و اراضی کشاورزی اطراف ارگ از اهالی در زمینه جهت بادهای عمومی منطقه و همچنین جهت و شدت بادهای حامل رسوب و زمان وقوع آنها در طی سال سؤال شد و اطلاعات مربوطه جمع آوری گردید.



شکل ۳- گلبادهای فصلی ایستگاه بافق



شکل ۴- گلباد سالانه ایستگاه بافق

مطالعه مرفولوژی تپه‌های ماسه‌ای

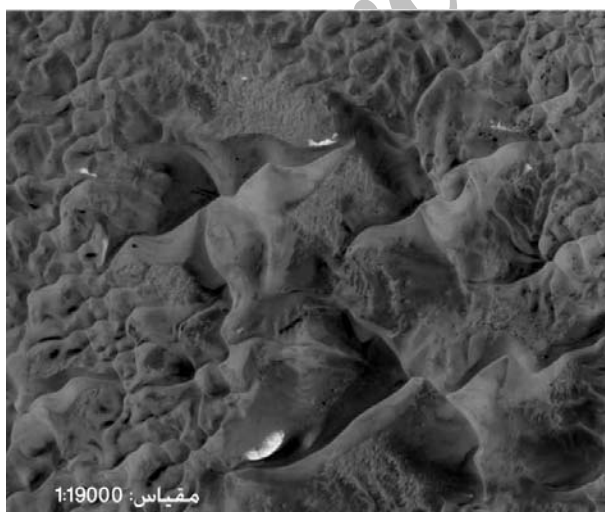
بررسی‌های صحرائی نواقص برطرف شد. اشکال مختلف تپه‌های ماسه‌ای در ارگ به شرح زیر می‌باشد.

به منظور بررسی مرفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای منطقه شکل عمومی تپه‌ها مورد بررسی قرار گرفت و انواع آنها مشخص شد و سپس با

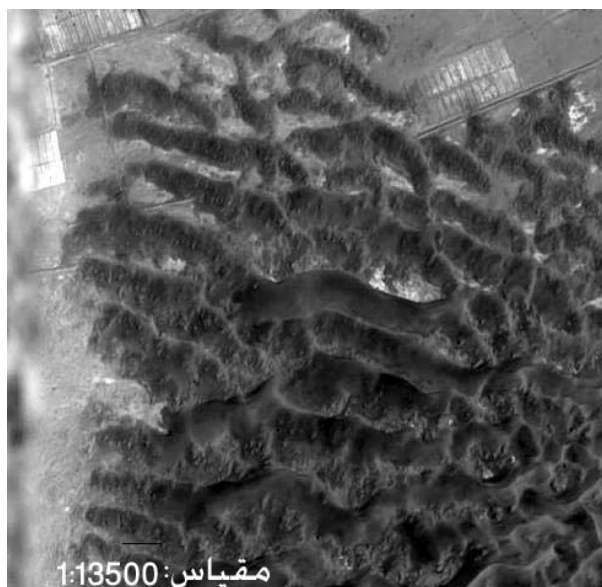
نداشته بلکه تنها حفره‌هایی بسته در بین آنها وجود دارد که به آنها آکله گفته می‌شود (Ahmadi, 2006). این تپه‌ها بیشترین مساحت ارگ را به خود اختصاص می‌دهد. در این منطقه باد شمال غربی و جنوب شرقی باعث تشکیل این نوع تپه‌ها میشود که در بسیاری از نقاط ارگ رشته‌های تپه‌های رفت و برگشتی به یکدیگر فشرده شده است. وجود بادهای چند جهتی در این منطقه که هر یک قابلیت خاصی در جهت دادن به تپه‌ها دارند باعث شده که شکل منظم تپه‌های عرضی به هم بخورد. (شکل ۵)

تپه‌های ستاره‌ای

وجود باد غالب در سه جهت باعث تشکیل تپه‌های ستاره‌ای شکل شده که دارای ارتفاع بلندی می‌باشد. این تپه‌ها در اثر بادهای شمال غربی - جنوب شرقی و بادهای شرقی تشکیل می‌شوند و بیشتر در مرکز ارگ واقعند و دارای یالهای متعدد می‌باشد (شکل ۶). علاوه بر تپه‌های مذکور که دارای شکل مشخصی می‌باشند در حاشیه شمال و شمال غرب ارگ ریزش رسوبات بادی تپه‌های گنبدی شکلی تشکیل شده است که رسوبات آنها در بخش‌های شمالی نسبت به دیگر جاهای ارگ درشت دانه تر است. این تپه‌ها از نظر شکل پهن تر و نامنظم است.



شکل ۶ - تپه ستاره‌ای بزرگ در مرکز ارگ



شکل ۵ - تپه‌های عرضی در شمال غرب ارگ

سیف

تمام انواع تپه‌های ماسه‌ای فعال از سیف بوجود می‌آیند به عبارت دیگر سیف به عنوان واحد اصلی تشکیل تپه‌های ماسه‌ای است (Ahmadi, 2006). سیفها عمدتاً در بخش شمال و شمال غربی ارگ مشاهده میشوند.

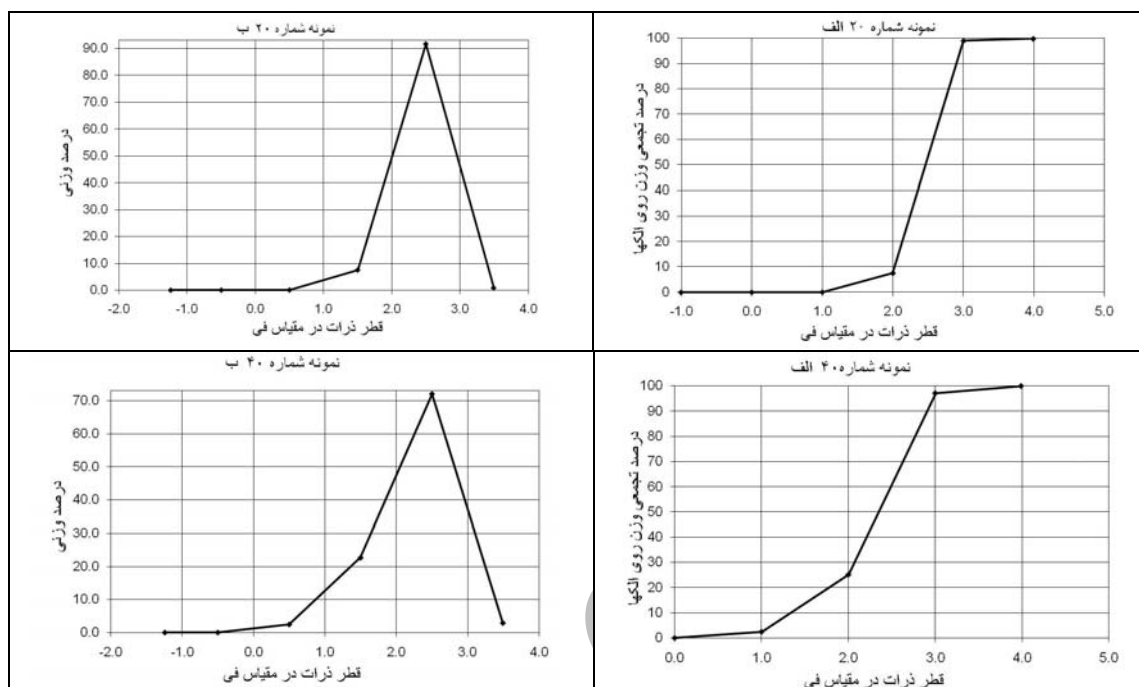
تپه‌های تپه‌های بارخان عرضی (رفت و برگشتی) ۱

از مشخصات اصلی این تپه‌ها جهت باد غالب است که عمود بر محور تپه‌ها ست، در صورتی که یک یا چند بارخان در کنار یکدیگر تشکیل شود، بارخان عرضی ایجاد می‌شود. در تشکیل آن دو باد اصلی و فرعی دارای زاویه ۱۸۰ درجه با یکدیگر (مخالف یکدیگر) نقش دارند. در اینحالت بازوهای بارخان‌ها به یکدیگر متصل شده و به صورت رشته‌های مورب و عمود بر جهت باد اصلی ایجاد می‌شوند. در مواقعی که قدرت باد اصلی و فرعی با هم برابر و به طور متقابل باشند ردیفهای ایجاد شده توسط بارخان‌های عرضی به یکدیگر پیوسته و به حالت درهم تنیده در می‌آیند. در این حالت بین ردیفها فاصله‌ای وجود

رسم گردید که برای نمونه چهار عدد از نمودارهای رسم شده در مقیاس فی در شکل ۷ ارائه شده است.

گرانولومتری رسوبات

با کمک داده‌های حاصل از آنالیز سرندي نمودارهای پراکنش و تجمعی دانه‌های رسوب در مقیاس فی و میکرون



شکل ۷- نمودارهای تجمعی (الف) و پراکنش (ب) رسوبات در نمونه‌های شماره ۲۰ و ۴۰

ناهمسانگردی در وابستگی فضایی دو بعدی دانه‌بندی در ارگ می‌باشد. به منظور محاسبه واریوگرامهای تجربی دانه‌بندی در منطقه مورد مطالعه و یافتن واریوگرام نماینده توزیع دانه‌بندی ارگ (که واریوگرامی خوش منظر و قابل برازش باشد)، از طرفی تعیین ناهمسانگردی ارتباط فضایی دانه‌بندی ارگ، از جهت شمال (آزیموت صفر درجه) به ازای هر ۱۰ درجه یک واریوگرام رسم گردید که در شکل ۹ چند نمونه از آن مشاهده می‌شود.

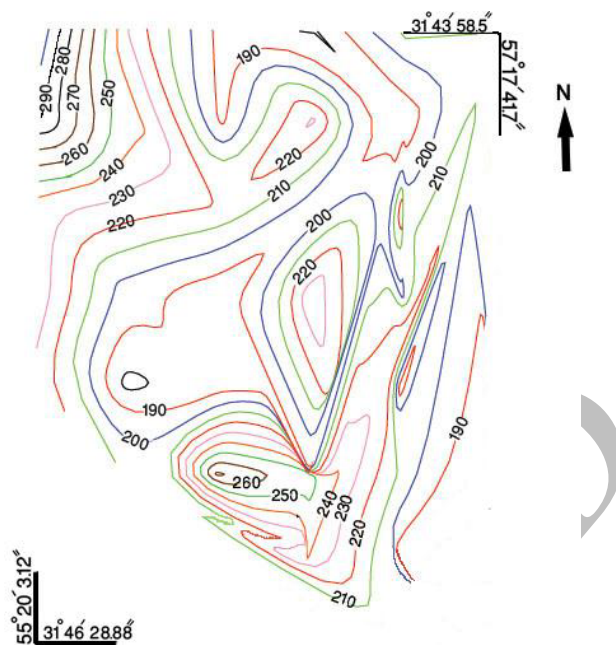
در جدول ۱ نتایج حاصل از محاسبه میانگین قطر نمونه‌ها ارائه شده است و با کمک میانگین قطر محاسبه شده از نمونه‌های مختلف نقشه همتراز میانگین قطر رسم شد که در شکل ۸ ارائه گردیده است.

روش زمین آمار

در مطالعات زمین آماری مراحل محاسبه و تخمین بعد از نمونه‌برداری و منظم سازی نمونه‌ها عبارتند از واریوگرافی شامل محاسبه و برازش، اعتبار سنجی واریوگرام، تخمین و گزارش گیری است که در ادامه به تشریح این مطالعات بر روی دانه‌بندی ارگ خواهیم پرداخت.

واریوگرافی دوبعدی دانه‌بندی

در این تحقیق واریوگرام ابزاری جهت تعیین تداوم دانه‌بندی، شعاع تأثیر (شعاع وابستگی فضایی دانه‌بندی) و



شکل ۸- نقشه همتران قطر میانگین رسوبات (بر حسب میکرون) در ارگ

جدول ۱- قطر میانگین نمونه های مختلف

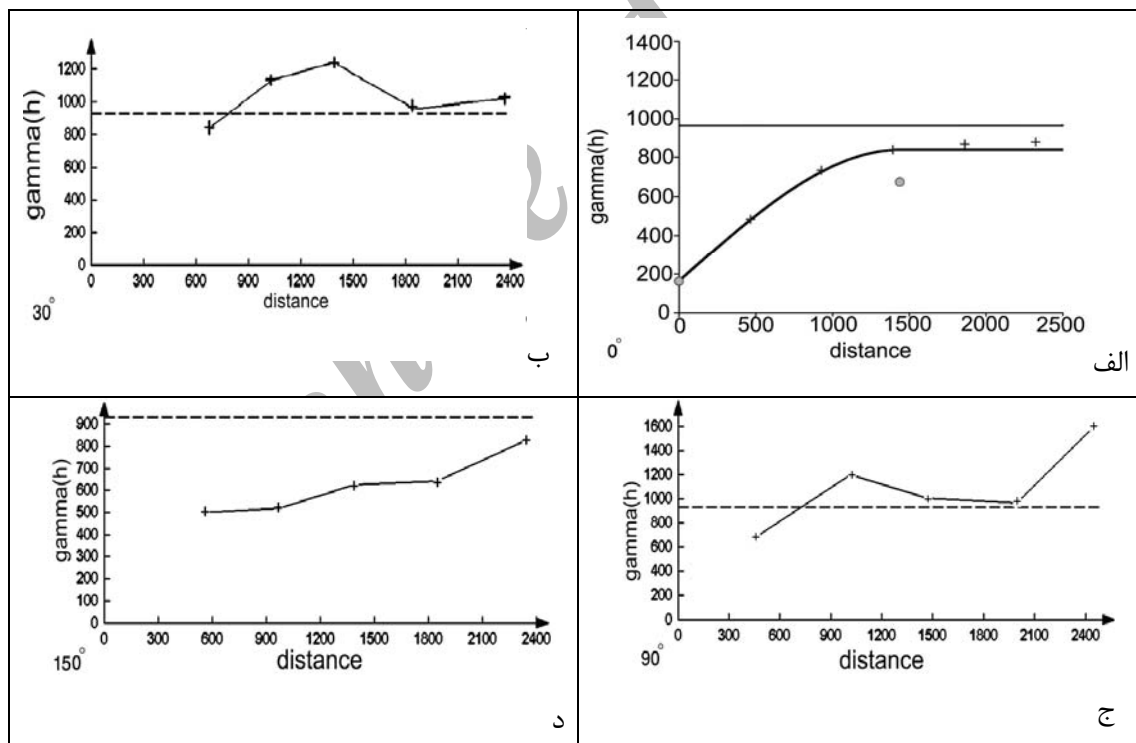
شماره نمونه	قطر میانگین (μ)	شماره نمونه	قطر میانگین (μ)
۱	۲۰۰/۶	۲۱	۱۹۳/۷
۲	۱۹۴/۳	۲۲	۲۳۶/۹
۳	۲۳۹/۹	۲۳	۲۳۵/۳
۴	۱۷۹/۶	۲۴	۲۲۵/۷
۵	۱۸۵/۲	۲۵	۲۱۹/۳
۶	۱۷۸/۰	۲۶	۱۹۴/۲
۷	۲۰۸/۷	۲۷	۲۲۹/۶
۸	۲۵۶/۴	۲۸	۲۰۹/۳
۹	۲۷۱/۷	۲۹	۲۱۲/۵
۱۰	۲۰۸/۰	۳۰	۱۸۳/۴
۱۱	۲۲۵/۶	۳۱	۲۳۱/۳
۱۲	۱۷۶/۸	۳۲	۱۸۷/۲
۱۳	۱۸۵/۹	۳۳	۲۴۵/۱
۱۴	۲۱۳/۹	۳۴	۲۹۱/۰
۱۵	۱۸۵/۰	۳۵	۳۰۶/۷

ادامه جدول ۱- قطر میانگین نمونه‌های مختلف

۲۲۶/۵	۳۶	۱۸۱/۵	۱۶
۱۸۵/۰	۳۷	۲۱۹/۱	۱۷
۱۷۹/۰	۳۸	۱۹۷/۶	۱۸
۲۱۱/۸	۳۹	۲۳۸/۲	۱۹
۲۰۹/۵	۴۰	۱۸۱/۲	۲۰

در یک چنین شرایطی فرضیه پایایی صادق بوده و زمین آمار قابل استفاده است (Hasani-e-pak, A. A. 2001). چنانکه مشاهده می‌گردد واریوگرام تئوری (مدل) منطبق شده با آن از نوع کروی است. پارامترهای واریوگرام مذکور در جدول ۲ آمده است.

واریوگرام تجربی در جهت ۱۸۰ درجه عیناً مثل واریوگرام رسم شده در جهت صفر درجه است و نشان دهنده همسانگردی در این راستا می‌باشد. در بین واریوگرامهای تجربی رسم شده فوق تنها واریوگرام جهت صفر درجه پیوستگی فضایی خوش منظری را نشان می‌دهد و معمولاً



شکل ۹- نمونه‌هایی از واریوگرام‌های تجربی و مدل رسم شده بر روی واریوگرام آزمون صفر درجه

جدول ۲- پارامترهای مدل برازش شده بر واریوگرام شکل ۹-الف

نوع مدل	حد آستانه (سقف) (μ^2)	اثر قطعه‌ای (μ^2)	شعاع تأثیر (متر)
کروی	۶۹۳/۴۲۳۰۹۶	۱۵۴/۲۱۹	۱۴۳۴/۵۶۴

ناحیه‌ای مورد نظر (قطرمیانگین) می‌توان گفت خطای تخمین تقریباً به سمت صفر میل کرده است. - نسبت اختلاف واریانس خطاها با متوسط واریانس تخمین باید کمتر از ۱۰ درصد باشد. ولذا طبق محاسبه زیر این اختلاف در خصوص مدل واریوگرام ۸/۹ درصد است و قابل قبول.

$$\frac{512.6753 - 558.5749}{512.6753} * 100 = -8.9$$

- ۹۵ درصد از خطاها بین بعلاوه و منهای دو برار انحراف معیار خطاها قرار گرفته باشد به این معنا که تابع توزیع خطاها نرمال باشد. این مهم نیز در جدول ۳ دقیقاً ۹۵٪ است و صدق شرط سوم را می‌رساند.

بر اساس نکات کنترلی فوق همچنین قرار گرفتن مدل واریوگرام زیر واریانس نمونه‌ها در شکل ۹-الف (واریوگرام آزیموت صفر درجه) می‌توان نتیجه گرفت که واریوگرام پیشنهادی نمایندگی و وابستگی فضایی متغیر قطر میانگین (دانه‌بندی) در منطقه مورد مطالعه را دارد.

ناهمسانگری در وابستگی فضایی دانه‌بندی رسوبات

از دیگر ویژگی‌هایی که معمولاً در زمین‌آمار مورد توجه بوده و می‌توان از رسم واریوگرام‌ها در جهات مختلف بدست آورد ناهمسانگردی است. این ویژگی بصورت هندسی (در شعاع تأثیر) و یا ناحیه‌ای (در حد آستانه) و یا بصورت ترکیبی، ظاهر می‌شود و با رسم و انطباق مدل‌های تئوری مختلف قابل تشخیص می‌باشد و معمولاً در حالت دو بعدی بصورت بیضی و در حالت سه بعدی به صورت بیضی گون بوده و با نسبتی از قطرهای قابل رسم و عددی کردن است.

در خصوص منطقه مورد مطالعه به نظر می‌رسد ناهمسانگردی از نوع هندسی است زیرا حد آستانه تغییرات زیادی ندارد و شعاع تأثیر بین ۶۰۰ تا ۱۵۰۰ متر متغیر است یعنی بصورت بیضی با قطر کوچک ۱۲۰۰ و قطر بزرگ ۳۰۰۰ متر با جهت یافتگی نشان داده شده در شکل ۱۰ قابل مشاهده است.

اعتبارسنجی مدل برازش شده بر واریوگرام انتخابی

در اعتبارسنجی واریوگرام‌ها در زمین‌آمار، مدل واریوگرام‌های خوش منظر بروش منحصر به فردی کنترل می‌شود، بدین ترتیب که هر نقطه معلوم (نمونه) بر اساس $n-1$ نقطه معلوم دیگر بر مبنای مدل واریوگرام به یکی از روش‌های زمین‌آمار (گریجینگ) تخمین می‌خورد. بدین ترتیب اختلاف مقادیر معلوم و تخمین زده شده، مجموعه خطاها را بدست می‌دهد که بر اساس آن امکان سنجش اعتبار مدل بوجود می‌آید. جدول ۳ خلاصه اطلاعات آماری خطاهای تخمین گر کریجینگ معمولی (OK) را نشان می‌دهد:

جدول ۳- اطلاعات آماری خطاهای تخمین گر کریجینگ معمولی (OK)

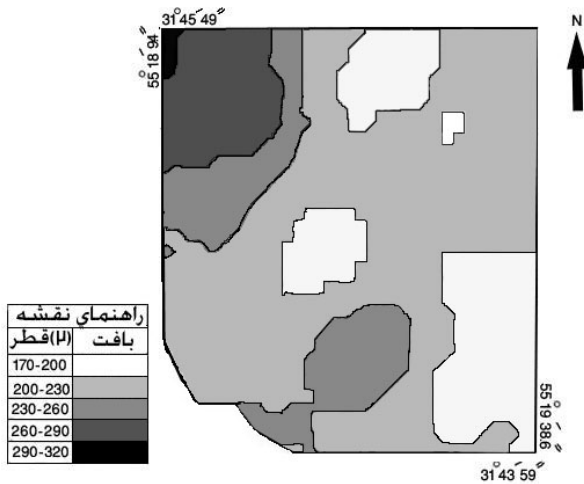
۰/۸۵۲۴-	میانگین خطاها
۵۵۸/۵۷۴۹	واریانس خطاها
۲۳/۶۳۴۲	انحراف معیار خطاها
۵۴۵/۳۳۷۲	متوسط مربع خطاها
۵۴۶/۸۰۲۰	مربع وزنی خطاها

جدول ۳- اطلاعات آماری خطاهای تخمین گر کریجینگ معمولی (OK)

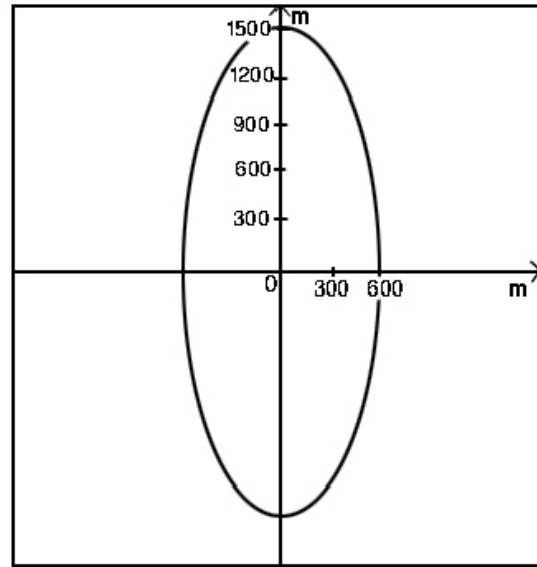
۰/۸۵۲۴-	میانگین خطاها
۵۵۸/۵۷۴۹	واریانس خطاها
۲۳/۶۳۴۲	انحراف معیار خطاها
۵۴۵/۳۳۷۲	متوسط مربع خطاها
۵۴۶/۸۰۲۰	مربع وزنی خطاها
۰/۵۴۷۴-	چولگی خطاها
۲/۳۹۳۶	کشیدگی خطاها
۴۰	تعداد نمونه‌ها
۵۱۲/۶۷۵۳	متوسط واریانس تخمین (گریجینگ)
۹۵/۰۰	درصد خطاهای قرار گرفته بین بعلاوه و منهای دو برابر انحراف معیار

نکات کنترلی مدل واریوگرام انتخابی عبارتند از (Yarahmadi, A. 2005):

- میانگین خطاها بایستی به سمت صفر میل کند که در این مورد برابر ۰/۸۵۲۴- است که با توجه به میانگین متغیر



شکل ۱۰- نقشه پلی گون از قطر میانگین (میکرون) در محدوده ارگ



شکل ۱۰- بیضی ناهمسانگردی در ارتباط فضایی دانه بندی منطقه

بحث و نتیجه گیری

مطالعات مربوط به گلبادها

از گلبادهای رسم شده به صورت ماهانه، فصلی و سالانه ایستگاه سینوپتیک به راحتی میتوان غلبه بادهای شمالی تا شمال غربی و جنوبی تا جنوب شرقی را تشخیص داد. همانگونه که از گلبادهای فصلی مشخص است بادهای با سرعت بیش از ۱۷ نات در بهار و تابستان بیشتر از جهت شمال و شمال غرب و در پاییز و زمستان غالباً از جنوب و جنوب شرق است. با توجه به گلباد سالیانه جهت غالب بادهای با سرعت بالاتر از ۱۷ نات عمدتاً از جهات شمال و شمال غرب است. با توجه به نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها و اینکه بادهای حامل رسوب بیشتر از سمت شمال می‌وزد می‌توان نتیجه گرفت که جهت بادهای فرساینده قطاع شمالی می‌باشد.

مطالعات مربوط به مورفولوژی تپه‌ها

از مجموع بررسی‌های انجام شده بر روی تپه‌های ماسه‌ای و خصوصیات آنها نتایج زیر حاصل می‌شود.
- وجود سیف به عنوان واحد اصلی تشکیل تپه‌های ماسه‌ای است در بخش شمال و شمال غرب ارگ بیانگر

به این ترتیب ضریب ناهمسانگردی منطقه عبارتست از:

$$K = \frac{d_{\max}}{d_{\min}} = \frac{3000}{1200} = 2.5 \quad (2)$$

بیضی ناهمسانگردی جهت داری حداکثر و حداقل ارتباط فضایی را نمایش می‌دهد که می‌تواند انطباق خوبی با جهت باد فرساینده و غیر فرساینده داشته باشد

تخمین دانه بندی

یکی از کاربردهای روش زمین آمار در مطالعه حاضر تخمین منظم نقطه‌ای و بلوکی دو بعدی و سه بعدی به روش‌های مختلف کریجینگ است. در این مطالعه منطقه مورد مطالعه به بلوکهای ۵۰×۵۰ متر تقسیم شد و تخمین به روش کریجینگ عادی (OK) با دقت قابل قبولی صورت گرفت که در شکل ۱۱ نقشه تهیه شده آمده است.

- همانگونه که در نتایج نیز ذکر شد جهت حمل رسوب در منطقه، قطاع شمالی و جهت بادهای غالب شمال غربی - جنوب شرقی است. لذا با توجه به منحنی ناهمسانگردی (شکل ۱۰) و واریو گرام آزمون صفر درجه (شکل ۹-الف) حمل عمومی رسوبات در ارگ علی رگم بادهای چند جهتی از شمال به جنوب می‌باشد.

در مطالعات صورت گرفته فرض بر ۲ بعدی بودن توزیع دانه‌بندی رسوبات بود در صورتی که در بعضی از نقاط ارتفاع ارگ ارتفاع تپه‌ها زیاد می‌باشد و می‌تواند در تخمین‌های عمقی خطا‌های زیادی را ایجاد نماید. لذا پیشهاد می‌گردد با انجام نمونه‌برداری عمقی مطالعات ۳ بعدی صورت گرفته و تاثیر ارتفاع در توزیع دانه‌بندی بررسی گردد.

- بر اساس مطالعه ناهمسانگردی در وابستگی فضایی دانه‌بندی در ارگ، در استراتژی نمونه‌برداری‌های آتی از ارگ می‌بایست بیضی ناهمسانگردی و ضریب مربوطه مورد توجه قرار گیرد و شبکه نمونه‌برداری از شکل مربعی به شکل مستطیلی تغییر یابد بطوریکه ضلع شمالی - جنوبی آن نسبت به شرقی - غربی ۲/۵ برابر باشد چرا که در جهتی که وابستگی فضایی بیشتری داریم نیاز به نمونه کمتری می‌باشد.

فعال تر بودن ترسیب در بخشهای شمال و شمال غرب ارگ می‌باشد.

- وجود تپه‌های عرضی در جهت شرقی - غربی و شمال شرقی - جنوب غربی حاکی وزش بادهای شمالی جنوبی تا شمال غربی جنوب شرقی و بالعکس می‌باشد.
- وجود تپه‌های ستاره‌ای در ارگ بیانگر وجود بادهای فعال در جهت شرق علاوه بر بادهای شمالی و جنوبی است.

مطالعات مربوط به گرانولومتری

نقشه خطوط همتراز رسم شده، انتشار قطر ذرات را بر اساس جهت باد نشان میدهد و راستای عمومی تغییر قطر ذرات همان راستای شمال غرب - جنوب شرق است. این نتیجه از مطالعه نقشه پلی گون رسم شده از قطر رسوبات نیز بدست می‌آید.

در مطالعات زمین آمار که بر روی میانگین قطر رسوبات صورت گرفت نتایج حائز اهمیتی به دست داد که ذیلاً به آنها اشاره می‌شود:

- وجود واریوگرام ۲ بعدی تجربی خوش منظر دانه‌بندی ارگ و قابل برازش با مدل کروی، وجود وابستگی فضایی نقاط نمونه‌برداری شده را ثابت و صدق فرضیه پایایی درجه در ارگ را می‌رساند.

- از واریوگرامهای رسم شده در جهات مختلف (صفر تا صد و هشتاد درجه) تنها واریوگرامهای صفر و صد و هشتاد درجه (جهت شمال و جنوب) خوش منظر بوده و تطابق خوبی با مدل کروی دارد و لذا وابستگی فضایی در این راستا بیشترین است. لذا انطباق خوب جهت داری این واریوگرام‌ها با راستای بادهای فرساینده امکان شناسایی جهت داری بادهای فرساینده با روش زمین آمار را نشان می‌دهد.

- پلی گون رسم شده از تخمین دانه‌بندی به خوبی توزیع منظم رسوبات را از شمال غرب به جنوب شرق نشان میدهد به نحوی که ذرات درشت تر در سمت شمال غرب و ذرات ریز تر در جهت جنوب شرق واقع شده اند و این راستا انطباق کاملی با جهت بادهای غالب در منطقه دارد.

منابع

- Ahmadi, H. ekhtesasi, M.R. 1998. investigation on effect of grovel mulch on wind erosion reduction in uncontrollable biological plain. research plan reports. Research center of desert areas. (not published)
- Ahmadi, H. 1999. Applied geomorphology (second volume) desert- wind erosion. Tehran university press.
- Ahmadi, H. Heiznia, S. ekhtesasi, M.R. ghanei, M.J. 2001. Investigation on sand dune resource in southern Bafgh. desert journal. Vol. 2
- Ahmadi, H. Ekhtesasi, M.R. Feiznia, S. Ghanei, M.J. 2002. Investigation on control methods of wind erosion in southern Bafgh. Natural resource journal, Vol.55, no.3.
- Azimzadeh, H. Ekhtesasi, M.R. Jahangard, M. Refahi, H., 2005, Application of Geostatistics in estimating of desert pavement percentage and threshold velocity, first international conference on wind erosion, iran. Yazd.
- Chien, Y.J. Guo, D.Y. & Houng, K.H. 1997. Geostatistical analysis of soil properties of mid-west Taiwan soils. Soil sci. 162:291- 298
- Ekhtesasi, M.R, et al. 1996. Investigation on sand dunes resources in Yazd-ardekan plain. Research Institute of Forest and Rangelands. P. 145
- Hasani-e-pak, A.A. 2001, Geostatistics, Tehran University press, Tehran
- Jager, N. 1990. Hydrogeology and Groundwater simulation. Lewis Publishers
- Kresic, N. 1997. Hydrogeology and Groundwater Modeling. Lewis Publisher
- Refahi, H. 1999. Wind erosion and its control. Tehran University, Tehran
- Feiznia, S. 1991. Applied sedimentology. Lecture notes natural resource faculty of Tehran university
- Mohammad Asgari, H. 2007. An investigation of soil properties variability using Geostatistics and Remote Sensing. University of Tehran Faculty of Natural Resources. M.Sc thesis
- Motamed, A. 1988. Investigation on scatter of sands in northern of Kashan. Research newspaper of Tehran University. Bulletin of research. Tehran university press.
- Motamed, A. 1996. Investigation on resources of sands in of Bam and combating of sand rushing in the areas. Journal of desert. No. 1,2,3,4. Tehran university press.
- Musavi, h. R. 1991. sedimentology. Second edition, Astan Ghods Razavi, mashad
- Saldana, A., A. Stein and J.A Zinck. 1998. Spatial variability of soil properties at different scales within three terraces of the Henares River (Spain). Catena. 33(3-4):139-153
- Sousa, V., L.S. Pereira, M.F.M. Olalla and C. Fabeiro. 1999. Regional analysis of irrigation water requirements using kriging. Application to potato crop (*Solanum tuberosum* L.) at Tras-os-Montes. Agricultural Water Management. 40(2-3):221-233
- Yarahmadi. A. 2005. Lecture notes. mining and metallurgy eng. dep. Yazd University

Investigation on Relationship between Granulometric Characteristics of Sand Dune Deposits and Erosive Wind Direction using Geostatistics in Hasan Abad of Bafgh

M. J. Ghanei Bafghi*¹ and A. R. Yarahmadi²

¹ Instructor, Islamic Azad University of Bafgh branch, Bafgh, I.R. Iran

² Assistant Prof., Yazd University, Yazd I.R. Iran

(Received: 10 March 2010, Accepted: 20 September 2010)

Abstract

The main purpose of this research is presentation of a geostatistical index for indicating erosive wind direction in Hassan Abad. In this research main direction of prevailing wind was found by employing annual, seasonal and monthly wind rose diagrams while morphology of sand dunes and erosive wind directions are found by questionnaire. The sampling was completed over sand dunes through forty sites over a regular grid (500 by 500 m) and after sieving, cumulative and scattered diagram of sand diameters are drawn and mean diameter is calculated. Geostatistical studies were used for identification of spatial correlation (autocorrelation) of granulometric characteristics by variographic studies for identification of granulometric continuity, range effect (radius of spatial correlation of grains) and spatial correlation anisotropy. In this study relevant and validated variogram demonstrated that the second-order stationary hypothesis is satisfied as well as the most spatial correlation is directed in azimuth of zero degree (direction of erosive wind). Geometric anisotropy analysis of region showed that the maximum diameter of anisotropy ellipsoid is parallel to erosive wind direction as well. Finally, mean diameter of sands is estimated in 50×50 meter blocks using ordinary kriging.

Keywords: Geostatistics, Wind erosion, Wind direction, Granulometry, Sand dune