فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران جلد ۲۴، شماره ۱، صفحه ۱۴۱–۱۲۶ (۱۳۹۶)

شناسه ديجيتال(DOI) : 10.22092/ijrdr.2017.109855)

پیش بینی حساسیت به فرسایش نهشته های بادی با استفاده از مدل های توزیع اندازه ذرات در بخشی از ساحل غربی دریاچه ارومیه

فرخ اسدزاده **، مارال خدادادی ۲ و احسان احسان ملاحت ۳

۱*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران، پست الکترونیک: f.asadzadeh@urmia.ac.ir ۲- استادیار، پژوهشگاه علوم و فنون هستهای، پژوهشکده کشاورزی هستهای، گروه خاک، آب و تغذیه گیاه، کرج، ایران ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۷

چکیدہ

در سالهای اخیر، بخش زیادی از عرصه آبی دریاچه ارومیه خشک و بستری از رسوبات ریزدانه شور به وجود آمده که بسیار مستعد فرسایش بادی هستند. این پژوهش بهمنظور بررسی قابلیت برخی مدلهای ریاضی در تشریح توزیع اندازه ذرات نهشتههای بادی و پیش بینی حساسیت به فرسایش با استفاده از توزیع اندازه ذرات در تپههای ماسهای بخشی از سواحل غربی دریاچه ارومیه انجام شد. در مجموع ۴۸ نمونه از رئوس یک شبکه ۵۰۰×۵۰۰ متری و از عمق ۵– ۰ سانتی متری جمع آوری گردید. توزیع اندازه ذرات نمونهها با استفاده از روش غربال خشک تعیین شد. شاخصهای آماری اندازه ذرات شامل قطر میانگین، جورشدگی، چولگی و کشیدگی محاسبه گردید. نه مدل توزیع اندازه ذرات برای تعیین مدل مناسب در تشریح توزیع اندازه رسوبات بادی مورد بررسی قرار گرفته و از اجزاء وزنی مربوط به قطرهای ۸۴۰>، ۴۲۰>، ۴۲۰ تا ۸۴۰، ۱۰۰> و ۱۰۰ تا ۴۰۰ میکرومتر برای تعیین میزان حساسیت به فرسایش بادی استفاده گردید. نتایج نشان داد که میانگین اندازه ذرات در نهشتههای بادی بطور متوسط برابر با ۲۹µ۲۵ (۱۹۷۹¢) به فرسایش بادی استفاده گردید. نتایج نشان داد که میانگین اندازه ذرات در نهشتههای بادی بطور متوسط برابر با ۲۹µ۲۵ (۱۹۷۹¢) نود که در مقایسه با اغلب بیابانهای جهان، شامل ماسههای نسبتا درشت تر، با جورشدگی ضعیف و بسیار لیتوکورتیک بود. با توجه به ضرایب کارایی، مدل فردلاند بهترین عملکرد را در تشریح توزیع اندازه ذرات رسوبات مورد مطالعه نشان داد. نمونههای مورد مطالعه نرایب کارایی، مدل فردلاند بهترین عملکرد را در تشریح توزیع اندازه ذرات رسوبات مورد مطالعه نشان داد. نمونههای مورد مطالعه نرایب کارایی، دارای ۹۷ درصد ذرات کوچکتر از ۸۴۰ میکرومتر بوده و بسیار مستعد فرسایش بادی میاشند. حدود ۸۰ درصد زرات قابلیت انتقال توسط فرایند جهش و حدود ۱۷ درصد توسط فرایند تعلیق را دارند.

واژههای کلیدی: تپههای ماسهای، مدلهای توزیع اندازه ذرات، حساسیت به فرسایش بادی، دریاچه ارومیه.

مقدمه

فرسایش بادی بهعنوان یکی از عوامل اصلی تخریب اراضی بوده و مشکلات جدی در بسیاری از نقاط دنیا ازجمله ایران به وجود آورده است. از پیامدهای مخاطره آمیز فرسایش بادی میتوان به تشکیل طوفانهای گرد و غبار (Zobeck & van Plet, 2006)، تخلیه ذرات حاصلخیز خاک (Sharratt *et al.*, 2007) و در نهایت حرکت

ماسههای روان اشاره کرد. علاوه بر عوامل اقلیمی مانند سرعت باد و مقدار رطوبت، ویژگیهای فرسایش پذیری ذرات خاک که بهطور عمده مربوط به چگونگی توزیع اندازه ذرات آن است، نقش مهمی در میزان فرسایش بادی دارند. توزیع اندازه ذرات از مهمترین و پایهای ترین خصوصیات رسوبات اعم از آبی و بادی محسوب می شود و بسیاری از ویژگیهای کمی و کیفی آنها مانند تخلخل، نفوذ پذیری،

قابلیت انتقال، واکنشپذیری شیمیایی و فرسایشپذیری تحت تأثير اندازه ذرات و چگونگی توزيع آنها میباشد Indraratna et al., 2012; Sierra et al., 2011;) Flemming, 2007; Boadu, 2000). مطالعات انجام شده در طول دهههای اخیر بیانگر این واقعیت است که مورفولوژی و جابجایی تپههای ماسهای و همچنین ساختار و توزيع پوشش گياهي بهطور عمده تحت تأثير توزيع اندازه ذرات آنهاست (Wang et al., 2003; Musila, 1998;) ذرات آنهاست Livingstone & Warran, 1996). از سوی دیگر فرسایش پذیری بادی خاکها و نهشتههای بادی اغلب بر پایه اطلاعات مربوط به توزیع اندازه آنها بیان میگردد Mahmoodabadi et al., 2011; Mirzamostafa et al.,) (۱۹۴۱) Chepil برای نمونه, Shao et al., 1996). برای نمونه فراوانی خاکدانههای با قطر کمتر از ۸۴۰ µm را بهعنوان شاخص فرسایش پذیری بادی معرفی کرده است که این شاخص بهطور گسترده در مدلهای پیشبینی و همچنین مطالعات فرسایش بادی مورد استفاده واقع شده است Fryrear et al., 2000; Woodruff and Siddoway,) 1965). براساس این شاخص، خاکدانه های با قطر کوچکتر از ۸۴۰ μm شامل ذرات حساس به فرسایش توسط سه فرايند تعليق (suspension)، جهش (saltation) و خزش (creep) مى باشد (Chandler et al., 2005) مى باشد (creep) (۱۹۴۱) بر پایه پژوهشهای فراوان انجام شده، ذرات خاک را به دو جزء فرسایش پذیر شامل جزء کوچکتر از ۴۲۰ µm و جزء μm -۸۴۰ μm و دو جزء فرسایشناپذیرشامل اجزاء μm ۲۰۰۰-۲۰۰۰ و ۶۴۰۰ μm-۶۴۰۰ تقسیمبندی کرد. Mirzamostafa و همکاران (۱۹۹۸) محاسبات جداگانهای برای تعیین اندازه ذرات مربوط به هریک از فرایندهای تعلیق و جهش در فرسایش بادی انجام دادند. آنان قطر کوچکتر از μm ۱۰۰ میکرومتر را بهعنوان اندازه ذرات حساس به تعلیق و قطر بین ۸۴۰ μ۳ را بهعنوان قطر مواد جهشی مشخص کردند. Chandler و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر توزیع اندازه ذرات نهشتههای بادی را بر روی حساسیت به فرسایش بادی در آمریکا بررسی

۱۲۷

کردند. پژوهش آنان نشان داد که فراوانی دامنههای مختلف اندازه ذرات شامل ذرات کوچکتر از ۸۴۰μm، کوچکتر از μm و همچنین فراوانی ذرات در محدودههای μm ۴۲۰–۸۴۰ و ۸۴۰ –۸۴۰ دارای ارتباط آماری معنی دار با مقدار فرسایش اندازه گیری شده در تونل باد است. این پژوهشگران همچنین ذرات در دامنه μm ۲۰۰۰ را بهعنوان ذرات مستعد فرسایش بادی گزارش کرده و بر این اساس اظهار داشتند که لسهای سیلتی عمدتاً توسط فرایند تعليق و خاکهاي ماسهاي توسط فرايند جهش فرسايش مییابند. Mahmoodabadi و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر توزیع اندازه ذرات خاک بر شدت فرسایش بادی را بوسیله تونل باد مطالعه كردند. نتايج آنان نشان داد با افزايش اندازه ذرات موجود در سطح، شدت فرسایش بادی بهطور معنیداری كاهش می یابد؛ كه دلیل این امر را از یكسو افزایش مقاومت در برابر جدا شدن و از سوی دیگر، کاهش سرعت باد در سطح تماس با خاک و کاهش فرسایندگی باد دانستند.

مطالعات ذکرشده و نتایج آنها به روشنی نشاندهنده اهمیت اندازه ذرات و چگونگی توزیع آنها در فرایند فرسایش بادی است. ویژگیهای توزیع اندازه ذرات در نهشتههای بادی، عموما بر مبنای مدل توزیع لاگ نرمال و در مقياس في (¢) مورد بررسي قرار مي گيرد (Krumbein Pettijohn, 1938 &) و برای بیان ویژگیهای توزیع ذرات از پارامترهای معمول آمار توصيفی مانند قطر ميانگين، جورشدگی (sorting) چولگی (skewness) و کشیدگی (kurtosis) استفاده می شود (kurtosis) 2015; Blott & Pye, 2001; Folk & Ward, 1957). براى نمونه Zhu و همکاران (۲۰۱۴) توزیع اندازه نهشتههای بادی را در منطقه ایجینا در چین بررسی کردند، آنان آمار توصیفی توزيع اندازه ذرات شامل قطر ميانگين، جورشدگي، چولگي و کشیدگی ذرات را محاسبه کرده و گزارش کردند که در مقایسه با سایر بیابانهای جهان، تیههای ماسهای ایجینای چین دارای ماسههای نسبتا درشت تر، با جورشدگی ضعیف و نسبتا پلیتی کورتیک (platykurtic) میباشند.

پارامترهای توصیفی یادشده اگرچه برای اهداف

بسیار زیاد شکل گرفتهاند که حرکت سریع آنها و ریزگردهای تولیدی توسط آنها، سکونتگاههای روستایی، اراضی کشاورزی و شهرک صنعتی ارومیه را با تهدید جدی مواجه کرده است. براین اساس مطالعه توزیع اندازه ذرات رسوبات نهشتههای بادی به منظور پی بردن به حساسیت آنها در برابر فرایندهای مختلف فرسایش بادی ضروریست. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی کارایی تعدادی از مدلهای پرکاربرد توزیع اندازه ذرات در نهشتههای بادی منطقه جبل کندی انجام شده و در ادامه حساسیت نهشتههای بادی منطقه نسبت به فرایندهای فرسایش بادی با استفاده از مدل برتر و کلاسهای اندازهای مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه و نمونهبرداری

منطقه مورد مطالعه در ساحل غربی دریاچه ارومیه و در روستای جبل کندی واقع در ۳۵ کیلومتری شمال شهرستان ارومیه واقع شده است (شکل ۱). وسعت منطقه در حدود ۷۰۰ هکتار بوده و در محدوده مختصات جغرافیایی "۱۵"[°] ۴۵ تا "۴۵٬۴٬۴۱ شرقی و "۵۵٬۵۳ تا "۱۴٬۱۴ ۳۷° شمالی قرار دارد. متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا حدود ۱۲۶۸ متر می باشد. میانگین سالانه دما و بارندگی به تر تیب ۱۳/۷ Cm و ۳۱۵ mm میباشد. براساس گزارش ایستگاه سینوپتیک کهریز واقع در مختصات جغرافیایی ۵۲ ۳۷ عرض شمالي و ٠٠ ۴۵ طول شرقي كه فاصله آن از منطقه مطالعاتی در حدود ۵ کیلومتری است، متوسط سرعت باد در منطقه برابر با ۲/۵ متر در ثانیه بوده و بیشترین و کمترین سرعت باد بهترتیب مربوط به ماههای فروردین و آبان است. جهت باد غالب نيز به سمت جنوب غرب مي باشد. ميانگين بیشینه سرعت باد مربوط به دوره آماری بین سالهای ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۴ در ماههای مختلف بین ۹/۵ تا ۱۷/۷ متر در ثانیه متغیر میباشد.

مقایسهای مفید هستند اما در بسیاری از موارد، نیاز به داشتن تابعی پیوسته از توزیع اندازه ذرات یک نمونه وجود دارد که با استفاده از آن بتوان فراوانی مربوط به هر قطر دلخواه از ذرات رسوب را بهدست آورد (Gupta & Yan, 2006). توابع رياضي كه براى توصيف پيوسته توزيع فراواني تجمعي اندازه ذرات مورد استفاده قرار می گیرند تحت عنوان مدلهای توزیع اندازه ذرات شناخته شده و بهطور گستردهای در مطالعات خاک و رسوب مورد استفاده قرار گرفتهاند. در این زمینه توابع ریاضی متعددی مانند مدلهای لاگ نرمال، نرمال، نمایی، لگاریتمی- نمایی، فرکتال (Fractal)، ويبول (Weibull function)، فردلاند (Fredlund) و سوربک (Swrebec function) پیشنهاد شده Sun et al., 2002; Wills and Napier-Munn) است 2006; Menéndez-Aguadoet et al., 2015). هرچند این مدلها برای توصیف توزیع اندازه ذرات نمونههای خاک و رسوبات آبی به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفتهاند Hwang et al., 2002; Zhao et al., 2011; Botula et) al., 2013; Mehdizadeh et al., 2015; Menéndez-Aguado et al., 2015)، اما با وجود انجام مطالعات بسيار گسترده در زمینه اندازه ذرات رسوبات بادی (Abuodha, 2003; Wang et al., 2003; Ghanei Bafghi & Yarahmadi, 2010; Mohammadkhan, 2012; Zhu et al., 2014;)، کارایی این مدل ها در رابطه با نهشته های بادی كمتر مورد توجه قرار گرفته است.

در سالهای اخیر با تسریع روند خشک شدن دریاچه ارومیه، کانونهای فعال فرسایش بادی در بستر قدیمی دریاچه تشکیل شده که علاوه بر آسیبهای معمول، شوری این رسوبات سبب افزایش چالشهای مربوط به سلامتی انسانها شده و محیطزیست منطقه را در معرض تهدیدهای انسانها شده و محیطزیست منطقه را در معرض تهدیدهای جدی قرار داده است. بر اساس شواهد موجود، منطقه جبلکندی واقع در حاشیه شمالغربی دریاچه ارومیه بهعنوان یکی از مهمترین کانونهای ریزگرد دریاچه ارومیه شناخته شده است. در این ناحیه تپههای ماسهای با سرعتی



شکل ۱– موقعیت منطقه مطالعاتی و نقاط نمونهبرداری در بخشی از سواحل غربی دریاچه ارومیه

قرار گرفت. از سری الکهای با قطر ۲۰۰۰، ۱۴۰۰، ۱۰۰۰، ۸۵۰ ۸۵۰، ۲۵۰، ۲۵۰، ۱۵۰، ۷۵ و ۵۳ میکرومتر به منظور انجام آزمایش غربال خشک استفاده شد. پارامترهای آمار توصیفی اندازه ذرات نهشتههای بادی شامل میانگین، جورشدگی، چولگی و کشیدگی (جدول ۱) بر اساس روش Folk (۱۹۵۷) و با استفاده از صفحه گسترده مربوط به نرمافزار ۱۹۵۷) و با استفاده از صفحه گسترده مدکور مقیاس فی (۵) برای توصیف اندازه ذرات مورد استفاده قرار گرفت. روابط مورد استفاده و همچنین طبقهبندی مقادیر مربوط به جورشدگی، چولگی و کشیدگی بهترتیب در جدول ۱ آورده شده است و که در آن _x۵ قطر ذرات (برحسب ۵) در درصد فراوانی تجمعی X است. منطقه جبل کندی در طی سالهای گذشته بخشی از بستر دریاچه ارومیه بوده و پس از خشک شدن دریاچه، تپههای ماسهای در آن شکل گرفتهاند. ماسهزارهای موجود در منطقه جبل کندی در حال حاضر یکی از مناطق بحرانی از لحاظ فرسایش بوده و بهعنوان مهمترین کانون ریزگرد اطراف دریاچه ارومیه محسوب می شود. از این رو، این منطقه برای این پژوهش انتخاب گردید.

برای تعیین توزیع اندازه ذرات، ۴۸ نمونه از عمق صفر تا ۵ سانتیمتری سطح خاک و از رئوس یک شبکه منظم ۵۰۰×۵۰۰ متری جمعآوری گردید. نمونهها به آزمایشگاه منتقل شده و پس از هوا خشک شدن، جرم ۱۰۰ گرم از نمونهها بهمنظور انجام آزمایش غربال خشک مورد استفاده



چولگی و کشیدگی (Blott and Pye, 2001)						
کشیدگی		چولگى	انحراف معيار		میانگین	
	1		S		F	
کشیدگی (K _G)		چولگی (Sk ₁)		جور شد ُ)		
<•/94	بسيار پلتي كورتيك	+۱/۰ تا ۲۰/۳	بسیار ریز اریب	<•/30	بسيار خوب جور شده	
۰/۶۷_ ۰/۹۰	پلتى كورتيك	+۰/۱ تا ۲/۰+	ریز اریب شدہ	•/۵-•/۳۵	خوب جور شده	
·/٩· _1/11	مزوكورتيك	۰/۱+ تا ۰/۱	متقارن	•/۵_•/V	تقريبا خوب جور شده	
\/_\/ \ ·	لپتوكورتيك	۰/۱ تا ۰/۱	درشت اریب	۰/۷_۱/۰	بطور متوسط جور شدہ	
1/0. – ٣/	بسيار لپتو كورتيك	۰/۳ تا ۱/۰–	بسیار درشت اریب	۱/۰-۲/۰	بطور ضعيف جور شده	
>٣/••	بي نهايت لپتو كورتيك	_	_	۲/۰-۴/۰	خیلی ضعیف جور شدہ	
-	_	-	_	> 4/.	بينهايت ضعيف جور شده	

جدول ۱– روابط مشخصات گرافیکی–لگاریتمی Folk و Folk (۱۹۵۷) و طبقهبندی مقادیر مربوط به جورشدگی،

غیرخطی و بر مبنای حداقل نمودن مجموع مربعات خطای مدل در نرمافزار MATLAB انجام شد. جدول ۲ روابط ریاضی مربوط به مدلهای نهگانه به همراه پارامترهای آنها را نشان میدهد. در این جدول b و (F(d) بهترتیب بیانگر قطر ذرات و فراوانی تجمعی ذرات کوچکتر از b میباشد. مقایسه کارایی مدلهای توزیع اندازه ارائه شده در جدول ۲ با استفاده از معیارهای مختلف کارایی شامل ضریب تبیین (R)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و آماره آکائیک معیارها بهترتیب زیر است.

$$R^{2} = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} (O_{i} - O_{mean})(P_{i} - P_{mean})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (O_{i} - O_{mean})^{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (P_{i} - P_{mean})^{2}}}\right]^{2}$$
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (O_{i} - P_{i})^{2}}{n}}$$
$$AIC = n \left[\ln(2f) + \ln\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} (O_{i} - P_{i})^{2}}{n-p}\right) + 1\right] + p$$

مدلهای ریاضی توزیع اندازه ذرات

در این مطالعه با استفاده از نتایج آزمایش غربال خشک، منحنی تجربی توزیع اندازه ذرات رسوبات بادی به صورت تجمعی ترسیم شده و نه مدل ریاضی مختلف شامل مدل های لاگ-نرمال (Buchan, 1989)، نرمال (,Gimenez et al., 2001)، لگاریتمی (Gimenez et al., 2001)، لگاریتمی- نمایی (,Chuang et al., 2001) (Ip96)، فرکتال (Zhuang et al., 2000)، ویبول (Assouline et al., 2000) (In et al., 2000)، فردلاند (Ip98)، ویبول (Fredlund et al., 2000)) (In et al., 2000)، فردلاند (Ip98)، ویبول (Renéndez-Aguado et al., 2015)) (تجربی برازش شد. برازش مدل ها با استفاده روش رگرسیون

()

(٢)

(٣)

بهترتیب میانگین مقادیر مشاهدهای و پیشبینی شده توسط مدل، n تعداد نقاط و p تعداد پارامترهای مدل است.

در این روابط، _iO و P_i بهترتیب مقادیر مشاهدهای و پیشبینی شده توسط مدل در یک نقطه، O_{mean} و P_{mean}

پارامترهای مدل	معادله	نام اختصاری	نام مدل
μ و	$F(d) = (1 + erf\left[\frac{d - }{\dagger \sqrt{2}}\right]) / 2$	Norm	نرمال
C و D	$F(d) = Cd^{(3-D)}$	Frac	فركتالي
پ و	$F(d) = (1 + erf\left[\frac{\log(d) - 1}{\sqrt{2}}\right] / 2$	Log-N	لاگ نرمال
a و b	$F(d) = a \ln d + b$	Log	لگاريتمى
و ۲	$F(d) = Cd^{-S}$	Exp	نمايى
B و a	$F(d) = a \exp(B \log d)$	Log-exp	لگاریتمی نمایی
d _m =0.0001) .d _f .m .n .a (mm	$F(d) = \frac{1}{\ln\left[\exp(1) + \left(\frac{1}{d}\right)^n\right]^m} \left[1 - \left(\frac{\ln\left(1 + \frac{d_f}{d}\right)}{\ln\left(1 + \frac{d_f}{d_m}\right)}\right)^7\right]$	Fred	فردلاند
c و b ،a	$F(d) = c + (1 - c)(1 - \exp(-aD^{b}))$ $D = \frac{d - d_{\min}}{d_{\max} - d_{\min}}$	Wei	ويبول
d ₅₀ و B	$F(d) = \left[1 + \left[\ln\left(\frac{d_{\max}}{d}\right) / \ln\left(\frac{d_{\max}}{d_{50}}\right) \right]^b \right]$	Swer	سوربک

مو ر د استفاده*	اندازه ذرات	، توزيع	به مدلهای	مر ہو ط	ت رياضي	۲_ معادلا	جدول
		(ے ریاضی		0,000

*: در این روابط؛ (F(d) نشاندهنده فراوانی تجمعی ذرات با قطر کوچکتر از erf ؛d، تابع خطا و d_{max} و d_{min} بهترتیب برابر با حداکثر و حداقل قطر ذرات نمونهها هستند.

افزایش R² و کاهش RMSE نشاندهنده افزایش کارایی پارامترهای آنها بهبود مییابد. با این حال افزایش تعداد پارامترها، نه تنها تفسیر نتایج مدلها را دشوار میکند، بلکه

مدل خواهد بود. مطلوبیت برازش مدلها با افزایش تعداد

کاربرد پارامترهای مدل را به عنوان شاخصهای ارزیابی منحنی، پیچیده مینماید (Buchan et al., 1993). بر این اساس آماره آکائیک بهترین مدل مطلوب را با در نظر گرفتن کمترین مقدار خطا در عین داشتن کمترین تعداد پارامتر برازشی مشخص میکند. در واقع این معیار تعادلی میان دقت مدل و پیچیدگی آن برقرار کرده و مدل دارای کمترین مقدار آکائیک، کاراترین مدل از نظر خطا و تعداد پارامتر بود.

پس از تعیین بهترین مدل از نظر قابلیت برازش بر دادههای مشاهدهای، شاخصهای مختلف فرسایش پذیری بادی که در منابع مختلف مورد اشاره و تأکید قرار گرفتهاند با استفاده از مدل مطلوب برآورد شدند. شاخصهای فرسایش پذیری شامل فراوانی ذرات با قطر کوچکتر از ۸۴۰µm ۸۴۰µm و همچنین فراوانی ذرات در دامنه ۳۸۰–۸۲۰ و فراوانی ذرات با قطر کوچکتر از ۲۹۹۱ بود (,۱۹۹۱ ۱941. همچنین دامنههای اندازه ذرات پیشنهاد شده توسط

پیش بینی حساسیت به فرسایش نهشتههای بادی با استفاده از مدلهای ...

در دامنه μm ۸۴۰–۱۰۰ (حساس به فرایند حرکت جهشی ذرات) و فراوانی ذرات با قطر کوچکتر از μm (حساس به تعلیق) بهعنوان دیگر شاخصهای حساسیت به فرسایش بادی با استفاده از مدل بهینه محاسبه شده و توزیع مکانی شاخصهای فرسایش پذیری اشاره شده به کمک نرمافزار ArcGIS ترسیم شد.

نتايج

توزيع اندازه رسوبات بادي

اندازه ذرات در ۴۸ نمونه رسوب بادی مورد مطالعه، شامل کلاس اندازهای ماسه خیلی درشت تا ذرات کوچکتر از ۵۳ میکرومتر بود (جدول ۳). کلاس اندازهای ماسه ریز دارای دامنه فراوانی نسبی بین ۳۶/۴ تا ۸۷/۸ درصد را در نمونههای مورد مطالعه داشته و بیشترین فراوانی کلاس اندازهای در تمامی نمونهها را شامل میگردد.

			درصد	فراواني	
کلاس اندارهای	دامنه کارس انداره (میلیمتر)	ميانگين	حداقل	حداكثر	انحراف معيار
اسه خیلی درشت	۱_۲	٣/١۴	•	19/08	۴/۵۸
ماسه درشت	·/۵-۱	۴/۵۸	•/•٩	۲١/۵٨	۵/۳۷
ماسه متوسط	•/٢۵-•/۵	17/18	1/•۴	۲۸/۳۷	۶/۹۸
ماسه ریز	•/١-•/٢۵	۶۹/۱۱	86/80	۸۷/۸۳	14/14
ماسه خیلی ریز	•/•۵-•/١	٩/۶١	۲/۸۸	YV/•V	4/99
سیلت و رس	<•/•۵	١/٣٩	•/\\	۱۰/۲۹	١/٨٦

جدول ۳- مشخصات آماری فراوانی هریک از کلاسهای اندازهای در نمونههای نهشتههای بادی

شاخصهای آماری دانهبندی نمونهها شامل قطر میانگین اندازه ذرات در میانگین، جورشدگی یـا انحراف معیار، چولگی و کشیدگی با برابر با μm ۳۱۴ (۶۹/ استفاده از صفحات گسترده GRDISTAT محاسبه گردید. ۰/۱۷ (۱/۳۰ تا ۲/۵۴ و

میانگین اندازه ذرات در نهشتههای بادی منطقه مورد مطالعه برابر با ۳۱۴ (φ۱/۶۹)، با دامنهای بین μm ۰/۴۱– ۷/۱۷ (۱/۳۰ تا ۲/۵۴ φ) بود (جدول ۴).

جدول ۲ – آمارههای مربوط به نوریع آنداره درات براساس روش ۲۵۱K و ۱۹۷۳						
کشیدگی	چولگى	جور شدگی	میانگین (میکرومتر)	آماره		
٨/٠٢	•/٣٧	•/۶٨	314	ميانگين		
٩/٣٨	•/٨٢	• / ٣٢	۵١	انحراف معيار		
_1/٣V	-٣/۶	٠/٢۵	174	حداقل		
40/41	١/۵۵	١/٣٧	4.8	حداكثر		

جدول ۴– آمارههای مربوط به توزیع اندازه ذرات براساس روش Folk و Ward

اندازه ذرات برای چهار نمونه منتخب رسوبات بادی و همچنین برازش دو مدل فردلاند و سوربک بر دادهها در شکل ۲ نشان داده شده است. دامنه تغییرات ضرایب کارایی شامل ضریب تبیین، ریشه میانگین مربعات خطا و معیار اطلاعاتی آکائیک، برای نه مدل یادشده در ۴۸ نمونه مورد مطالعه، به شکل نمودار جعبهای در شکل ۳ آورده شده است. میانگین ضریب تبیین (R²) در مدلهای مختلف دارای دامنه ۰/۷۱۳ تا ۰/۹۹۵ بود. بیشترین مقدار ضریب تبیین مربوط به مدل فردلاند بود و مدلهای لاگ-نرمال، نرمال، ویبول و سوبریک نیز دارای ضریب تبیین بزرگتر از ۰/۹۸۷ بوده و عملکرد مشابهی را ارائه کردند. کمترین مقدار ضریب تبيين مربوط به مدل لگاريتمي-نمايي بود، همچنين مدلهاي لگاریتمی، نمایی و فرکتال نیز دارای ضریب تبیین پایینی بودند. همچنین کمترین و بیشترین مقدار پراکندگی ضریب تبيين بەترتيب مربوط بە مدلھاي لگاريتمي-نمايي و فردلاند بودند. ریشه میانگین مربعات خطا در دامنهای بین ۰/۰۳۴ تا ۰/۳۱۷ در مدلهای مختلف متغیر بود (شکل ۲). همان گونه که در شکل ۳ مشاهده می شود ریشه میانگین مربعات خطا در مدلهای لاگ نرمال، فردلاند و بعد مدلهای سوربک، نرمال و ویبول دارای کمترین مقدار بود. مدل لگاریتمی دارای بیشترین ریشه میانگین مربعات خطا بود، همچنین مدلهای فرکتال، لگاریتمی-نمایی و نمایی نیز داراي ريشه ميانگين مربعات خطا بالايي بودند.

مقادیر جورشدگی در نهشتههای بادی مورد مطالعه دارای دامنهای بین ۰/۲۵ تا ۱/۳۷ (بهطور میانگین ۰/۶۷) میباشد (جدول ۴) که بر اساس طبقهبندی درجه جورشدگی پیشنهادی توسط Folk و ۱۹۵۷ (۱۹۵۷) و مطابق با جدول ۱، در کلاسهای جورشدگی خوب (۰/۳۵) تا جورشدگی ضعيف قرار دارند. بطور كلى اختلاف معنىدارى در جورشدگی رسوبات بخشهای مختلف اطراف منطقه جبل کندی در جهت باد غالب مشاهده نشد. بر اساس جدول ۴، مقدار چولگی دامنه وسیعی بین ۳/۶– تا ۱/۵ را دربر گرفته است که در کلاس چولگی مثبت شدید تا چولگی شدید منفى قرار مى گيرد (جدول ۱). چولگى مثبت مشخص كننده انحراف از میانگین به سمت ذرات ریز (مشخص کننده زیادی ذرات ریز) و چولگی منفی مشخص کننده انحراف از میانگین به سمت ذرات درشت (مشخص کننده وجود دامنهای از ذرات درشت تر است) می باشد. بیشتر نمونه های مورد مطالعه دارای چولگی مثبت و یا بسیار ریز اریب شده با میانگین اندازه ذرات نسبتا درشت بودند. مقدار کشیدگی در بیشتر نمونهها بسیار زیاد با میانگین ۸/۰۲ بود (جدول ۴) که در گروه بسیار لیتوکورتیک (Extremely leptokurtic) قرار مي گيرد (جدول ۱).

ارزیابی کارایی مدلهای توزیع اندازه ذرات

از نه مدل ریاضی شامل لاگ–نرمال، نرمال، لگاریتمی، نمایی، لگاریتمی–نمایی، فردلاند، فرکتال، ویبول و سوربک برای برازش توزیع اندازه ذرات استفاده شد. منحنی توزیع



کاراترین مدل در برازش دادههای توزیع اندازه نهشتههای بادی شناسایی گردید.

در مجموع همان گونه که در شکل ۲ مشاهده می شود با توجه به هر سه ضریب کارایی، مدل فردلاند بهترین مدل برای برازش دادههای رسوب در اطراف منطقه جبل کندی شناخته شد. مدل دو پارامتری لاگ-نرمال با اختلاف کمی از مدل فردلاند از نظر ضریب تبیین، ریشه میانگین مربعات خطا و معیار آکائیک، در رتبه دوم قرار گرفته و با دقت قابل قبولی می تواند برای تشریح توزیع اندازه ذرات در بیشتر نمونههای رسوبات بادی استفاده شود. همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می شود در مجموع نتایج معیار آکائیک با نتایج ضریب تبیین همخوانی دارد. کمترین مقدار معیار آکائیک مربوط به مدل فردلاند با میانگین ۵/۶۹- و بیشترین آن مربوط به مدل لگاریتمی با مقدار میانگین ۸/۸۸- بود. این معیار تعداد پارامترها را نیز بهعنوان یک عامل مهم در انتخاب مدل مناسب در نظر می گیرد، بعبارت دیگر امتیاز منفی برای تعداد بیشتر پارامترهای مدل محاسبه می گردد، با وجود این مدل چهار پارامتری فردلاند در مقابل مدلهای دو پارامتری مانند پارامتری فردلاند در مقابل مدلهای دو پارامتری مانند



شکل ۳– تغییرات ضرایب کارایی برای مدلهای مورد بررسی در نمونههای مورد مطالعه

نيز مورد بررسي قرار گرفتند. بهطور ميانگين نمونهها

بهترتیب دارای حدود ۹۳/۱±۱/۳ و ۴/۱±۰/۷ درصد

ذرات کوچکتر از ۴۲۰μm و ۸۴۰ – ۴۲۰ بودند (شکل

۴). تغییرات مکانی ذرات کوچکتر از ۴۲۰μm و ۸۴۰ μm-

۴۲۰ بهترتیب در شکلهای ۶ ب و ج ارائه شده است.

همانطور که در شکل ۵ ب و ج مشاهده میشود تغییرات

مکانی ذرات کوچکتر از ۴۲۰µm و ۸۴۰ ۳۸–۴۲۰ بسیار

نزدیک است، دلیل این امر نیز این است که بخش اعظم

ذرات کوچکتر از ۸۴۰µm (بهطور میانگین حدود ۹۳٪)

دارای قطر کوچکتر از ۴۲۰µm هستند.

حساسیت به فرسایش بادی

نمونههای مورد مطالعه به طور میانگین دارای ۹۷ درصد ذرات کوچکتر از ۸۴۰۹۳ بودند و بسیار مستعد فرسایش بادی میباشند (شکل ۴). تغییرات مکانی ذرات کوچکتر از ۸۴۰μ۳ در شکل ۵ الف نشان داده شده است. همان گونه که در شکل ۵ الف مشاهده میشود بر اساس این معیار تقریبا تمامی نمونههای جمع آوری شده از اطراف منطقه جبل کندی حساس به فرساش بادی هستند. این معیار به تغییرات فرسایش پذیری نمونههای مورد مطالعه حساس نبود، زیرا تقریبا در همه نمونهها ذرات کوچکتر از ۲۰۹۳ غالب بود. بنابراین اجزاء وزنی کوچکتر از ۲۰۹۳ و ۲۵



شکل ۴- فراوانی کلاسهای اندازه مربوط به فرسایش پذیری بادی

براساس مطالعات Mirzamostafa و همکاران (۱۹۹۸) دو کلاس اندازهای شامل ذرات کوچکتر از ۱۰۰µm بهعنوان اندازه ذرات حساس به تعلیق و ذرات در دامنه μm–۸۴۰ ۱۰۰ بهعنوان قطر مواد جهشی مورد بررسی قرار گرفت. بطور میانگین نمونهها دارای ۲/۵±۱۷/۲ درصد ذرات کوچکتر از ۱۰۰µm بوده و ۲/۶±۷۹/۵ درصد ذرات در دامنه ۸۴۰ µm–۱۰۰ بودند (شکل ۴). نقشه تغییرات مکانی

فراوانی ذرات کوچکتر از ۱۰۰µm و ۸۴۰ µm بهترتیب در شکلهای ۶ د و ه نمایش داده شده است. بهطور کلی می توان نتیجه گرفت که بیشتر نهشتههای بادی در بخشی از سواحل غربی دریاچه ارومیه مستعد فرسایش بادی بوده که بخش اعظم این ذرات (۸۰٪) توسط فرایند جهش منتقل میشوند.



شکل ۵- نقشه تغییرات مکانی درصد فراوانی جرمی ذرات الف) < ۸۴۰، ب) <۴۲۰، ج) ۸۴۰–۲۲۰، د) <۱۰۰ و ۵) ۸۴۰– ۱۰۰ میکرومتر با استفاده از درونياب ميانگين عكس فاصله (IDW)

بحث

غالب در این مطالعه (۱۲۵ تا ۲۵۰ میکرومتر) در این دامنه رسوبات بادی قرار میگیرد. میانگین اندازه ذرات در این مطالعه بهمنظور بررسی قابلیت مدلهای ریاضی در نهشتههای بادی برابر با ۳۱۴μm (φ1/۶۹) بود که در تشریح توزیع اندازه نهشتههای بادی و پیشبینی حساسیت مقایسه با سایر بیابانهای جهان مانند بیابانهای ایجینا در به فرسایش بادی با استفاده از توزیع اندازه ذرات در تپههای چین (Zhu et al., 2014)، تاکلاماکان در چین (Zhu,) ماسهای بخشی از سواحل غربی دریاچه ارومیه در نزدیکی 2007)، ناميب در ناميبي و آفريقاي جنوبي (Lancaster, منطقه جبل کندی انجام شد. در واقع این منطقه بهعنوان یکی 1981)، ثار در هند (Goudie et al., 1973)، عربستان از کانونهای فعال ریزگرد در اطراف دریاچه ارومیه شناسایی صعودی (Lancaster, 1981) و سیمیون در استرالیا (شده است. نتایج نشان داد که اندازه ذرات غالب، ماسه ریز با 1971) دارای میانگین قطر بزرگتری میباشند (جدول ۵). میانگین حدود ۷۰ درصد بود. در مقیاس جهانی اندازه ذرات البته مقدار میانگین اندازه ذرات در این مطالعه با برخان غالب در نهشتههای بادی بین ۱۲۵ تا ۵۰۰ میکرومتر (۱ تا وایت سندز (Lancaster, 1995) در آمریکا قابل مقایسه ۳ فی) متغیر میباشد (Bagnold, 1937) که اندازه ذرات

مىباشد (جدول ۵).

پارامتر جورشدگی در نهشتههای بادی مورد مطالعه بطور میانگین برابر با ۰/۶۷ بود که در کلاس جورشدگی تقریبا خوب تا جورشدگی متوسط قرار داشت. Bagnold (۱۹۴۱) نشان داد که بهترین مقادیر جورشدگی برای نهشتههای بادی مربوط به ماسه متوسط تا ریز بوده و جورشدگی با کوچکتر شدن و یا بزرگتر شدن رسوبات بدتر میشود. بطور کلی اختلاف معنیداری در جورشدگی رسوبات بخشهای مختلف اطراف منطقه جبل کندی در جهت باد غالب مشاهده نشد. بدین معنی که هیچگونه الگوی جورشدگی اندازه ذرات مطالعات مال و همکاران (۲۰۱۴) در چین و Abuodha مطالعات یا توجه به (۲۰۰۳) در کنیا مطابقت داشت. هرچند میا توجه به موقعیت نمونه بر روی تپههای ماسهای در جهت باد غالب را مشاهده کردند.

مقدار چولگی دامنه وسیعی داشت که از کلاس چولگی مثبت شدید تا چولگی شدید منفی قرار میگرفت که بسیار نزدیک به نتایج Zhu و همکاران (۲۰۱۴) در بیابان اجینای

انحراف معيار میانگین منطقه ·/09_·/WA ۳/۰۱_۱/۶۸ سرچشمه آوليس (Menéndez-Aguado et al., 2015) ./9 ۲/۲۶ (Zhu et al., 2014) بيابان ايجينا ۰/۳۹ 7/.4 بيابان تاكالاماكان (Zhu, 2007) ./4/-./20 1/40-1/VV ساحل ماليندي (Abuodha, 2003) ./49 جنوب غرب بيابان كالاهاري (Lancaster, 1986) 7/18 ٠/٣٧ 1/44 (Lancaster, 1981) بيابان ناميب بيابان ناميب (برخان) (Lancaster, 1995) ٠/۵۵ ۲/۲ بيابان ليبي (Ahlbrandt, 1979) ./49 ۲/۳۷ ۰/۵۳ ۲/۰۲ حوزه كانينگ استراليا(Ahlbrandt, 1979) ./۴۳ بيابان سيمسون (Folk, 1971) 1/07 ·/A)_·/٣· 1/9.-1/81 بيابان سيمسون (Wasson, 1983) ./09 ۲/۶۵ بيابان ثار (Goudie et al., 1973) ./۴۳ ١/٨٧ بيابان سينا (Tsoar, 1978)

جدول ۵- میانگین اندازه ذرات تپههای ماسهای خطی و یا برخان در نقاط مختلف جهان (بر حسب فی)

(جدول ۵).

چین بود. چولگی مثبت مشخص کننده انحراف از میانگین به

سمت ذرات ریز و چولگی منفی مشخص کننده انحراف از

میانگین به سمت ذرات درشت می باشد. مقدار چولگی در

توزيع مربوط به نمونهها بهطور متوسط برابر با ۰/۳۷ بود.

بیشتر نمونههای مورد مطالعه دارای چولگی مثبت و یا بسیار

ریز اریب شده با میانگین اندازه ذرات نسبتا درشت بودند که

با نتایج مطالعات Zhu و همکاران (۲۰۱۴) در چین مطابقت

داشت. بهطور کلی اختلافات در توزیع اندازه ذرات در

نمونه های مختلف نسبتا کم بود که با نتایج Abuodha

بهطور کلی میانگین اندازه ذرات، جورشدگی، چولگی و

کشیدگی در نهشتههای بادی منطقه مطالعاتی برابر با ۲۹۱۴ میلیمتر (۵۱/۶۹)، ۰/۶۷، ۰/۳۷ و ۸/۰۲ بود. به طوری که

بیشتر نمونههای مورد مطالعه دارای میانگین اندازه ذرات

نسبتا درشت با چولگی مثبت و یا بسیار ریز اریب شده و در

گروه بسیار لیتوکورتیک قرار می گرفتند. در مقایسه با اغلب

بيابانهاي جهان مي توان بيان كرد كه منطقه مورد مطالعه

شامل ماسههای نسبتا درشتتر، با جورشدگی ضعیف بود

(۲۰۰۳) نیز همخوانی دارد.

منطقه	ميانگين	انحراف معيار
بیابان گارن (برخان) (Lancaster, 1995)	۲/۴۳	•/۴١
تپەھاي ماسەاي الگودان (برخان) (Lancaster, 1995)	۲/۴۶	•/44
وايت سندز (برخان) (Lancaster, 1995)	1/81	٠/۵٩
ساحل اسكلتون (برخان) (Lancaster, 1995)	۲/•۲	•/۵١
درياي سالتون (Lancaster, 1995)	Y/YV	•/۴۶
تونس (Lancaster, 1995)	٣/٢٥	•/۵٣
تپەھاي ماسەاي كلسو (Lancaster, 1995)	١/٨٠	•/49
عربستان صعودی (Lancaster, 1995)	Y/9V	•/٣٢
موريتاني (Lancaster, 1995)	۲/۲۰	•/9•

ارزیابی ضرایب کارآیی در مدلهای نهگانه مورد برازش نشان داد که بیشترین مقدار ضریب تبیین مربوط به فردلاند است. همچنین مدلهای لاگ-نرمال، نرمال، ویبول و سوربک نیز دارای ضریب تبیین بالایی بوده و عملکرد مشابهی را ارائه کردند. کمترین مقدار ضریب تبیین مربوط به مدل لگاریتمی-نمایی بود، همچنین مدلهای لگاریتمی، نمایی و فرکتال نیز دارای ضریب تبیین پایینی بودند. Zolfaghari و همکاران (۲۰۱۴) نیز به دقت پایین مدل فرکتال در توصیف توزیع اندازه ذرات خاکهای ماسهای اشاره کردهاند. بهطور کلی نتایج معیار آکائیک با نتایج ضریب تبیین همخوانی داشت. کمترین مقدار معیار آکائیک مربوط به مدل فردلاند و بیشترین آن مربوط به مدل لگاریتمی بود. با وجود اینکه معیار یادشده، امتیاز منفی برای تعداد بیشتر پارامترهای مدل محاسبه میکند، اما مدل چهار پارامتری فردلاند در مقابل مدلهای دو پارامتری مانند لاگ-نرمال، نرمال و سوربک و سه پارامتری ویبول بهعنوان کاراترین مدل در برازش دادههای توزیع اندازه نهشتههای بادی شناسایی گردید که با نتایج Mehdizadeh و همکاران Shangguan (۲۰۱۵) و همکاران (۲۰۱۴) و Hwang و همکاران (۲۰۰۲) در نمونههای خاک مطابقت دارد. هرچند Hwang و همکاران (۲۰۰۲) اظهار نمودند که بافت نمونه می تواند عملکرد مدلهای توزیع اندازه ذرات را تحت تأثیر قرار دهد و کارایی نسبی مدل فردلاند با افزایش مقدار رس افزایش می یابد، اما مدل فردلاند به خوبی توانست توزیع

اندازه رسوبات ماسهای اطراف دریاچه ارومیه را تشریح کند. نکته قابل توجه این است که در مجموعه دادههای مورد مطالعه، مدل چهار پارامتری فردلاند با فاصله کمی از مدل دو پارامتری لاگ-نرمال عملکرد بهتری ارائه کرد که نشان میدهد مدل لاگ-نرمال نیز توانایی مطلوبی در توصیف توزیع اندازه ذرات نهشتههای بادی دارد. Hwang و همکاران (۲۰۰۲) نیز کارایی مطلوب مدل لاگ نرمال را گزارش کردهاند.

ارزیابی حساسیت به فرسایش بادی نمونههای مورد مطالعه نشان داد که به طور میانگین نهشتههای موجود در منطقه دارای ۹۷ درصد ذرات کوچکتر از A۴۰μm بوده و بسیار مستعد فرسایش بادی میباشند که این یافته با نتایج Chandler و همکاران (۲۰۰۵) همخوانی دارد. براساس پیشنهاد Mirzamostafa و همکاران (۱۹۹۶) مبنی بر حساسیت ذرات کوچکتر از mب۰۰۱ به فرایند تعلیق و حساسیت ذرات در دامنه ۲۰۰μهه اس ۱۹۰۹ به فرایند جهش، حساسیت ذرات در دامنه ۲۰۰μهه از زرات قابلیت انتقال می توان گفت که در حدود ۸۰ درصد از ذرات قابلیت انتقال توسط فرایند جهش و حدود ۱۷ درصد از ذرات نیز حساسیت بالایی نسبت به انتقال توسط فرایند تعلیق را

بطور کلی نتایج این پژوهش قابلیت مدلهای ریاضی در تشریح توزیع اندازه نهشتههای بادی در بخشی از سواحل غربی دریاچه ارومیه را روشن کرد. بر اساس نتایج، مدل فردلاند بخوبی توانست توزیع اندازه نهشتههای بادی اطراف

lognormal model to particle-size distribution in soils. Soil Science, 147: 155–161.

- -Buchan, G. D., Grewal, K. S. and Robson, A. B., 1993. Improved models particle diameter and standard deviation from sand, silt, and clay of particle-size distribution: an illustration of model comparison fractions, Soil Science, 152(4): 427–431.
- -Chandler, D. G., Saxton, K. E. and Busacca, A. J., 2005. Predicting wind erodibility of loessial soils in the Pacific Northwest by particle sizing. Arid Land Research and Management, 19(1): 13-27.
- -Chepil, W. S., 1941. Relation of wind erosion to the dry aggregate structure of a soil. Scintific Agricalture, 21(8):488-507.
- -Flemming, B. W., 2007. The influence of grain-size analysis methods and sediment mixing on curve shapes and textural parameters: implications for sediment trend analysis. Sedimentary Geology, 202(3): 425-435.
- -Folk, R. L. and Ward, W. C., 1957. The Brazos river bar. a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, 27, 3–26.
- -Folk, R. L., 1971. Longitudinal dunes of the northwestern edge of the Simpson Desert, Northern Territory, Australia. 1. Geomorphology and grain size relationships. Sedimentology 16: 5–54.
- -Fredlund, M. D., Fredlund, D. G. and Wilson, G. W., 2000. An equation to represent grain-size distribution. Canadian Geotechnical Journal, 37(4): 817-827.
- -Fryrear, D. W., Bilbro, J. D., Saleh, A., Schomberg, H., Stout, J. E. and Zobeck, T. M., 2000. RWEQ: Improved wind erosion technology. Journal of soil and water conservation, 55(2): 183-189.
- -Ghanei Bafghi, M. J. and Yarahmadi, A. R. 2010. Investigation of relationship between granulometric characteristics of sand dune deposits and erosive wind direction using geostatistics in Hassan Abad of Bafgh. Journal of Range and Watershed Management. Iranian Journal of Natural Resources, 63(2): 235-248.
- -Gimenez, D., Rawls, W. J., Pachepsky, Y. and Watt, J. P. C., 2001. Prediction of a pore distribution factor from soil textural and mechanical parameters. Soil science, 166(2): 79-88.
- -Goudie, A. S., Allchin, B., Hegde, K. T. M., 1973. The former extensions of the great Indian sand desert. The Geographical Journal, 139: 243–257.
- -Gupta, A. and Yan, D. S., 2006. Mineral processing design and operation: an introduction. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- -Hwang, S. I., Lee, K. P., Lee, D. S. and Powers, S. E., 2002. Models for estimating soil particle-size distributions. Soil Science Society of America Journal, 66(4): 1143-1150.
- -Indraratna, B., Nguyen, V. T. and Rujikiatkamjorn, C., 2012. Hydraulic conductivity of saturated granular soils determined using a constriction-based

دریاچه ارومیه را تشریح کند. از اینرو، این مدل را می توان به عنوان مدلی کارآمد در استخراج منحنی پیوسته ای از توزیع اندازه ذرات معرفی و پیشنهاد کرد. بر این اساس پیشنهاد می شود کارایی این مدل با تعداد بیشتری از نمونه های رسوبات بادی در مناطق مختلف کشور مورد اعتبارسنجی قرار گیرد تا بتوان از آن به عنوان یک مدل استاندارد استفاده کرد. بنابراین با توجه به حساسیت بسیار زیاد نهشته های بادی موجود، استفاده از روش های حفاظت خاک به منظور کاهش اثرات زیان بار رسوبات بادی در منطقه ضروریست. از آنجایی که استقرار گیاه در منطقه بدلیل شوری بالای نهشته ها بسیار دشوار است، از اینرو پیشنهاد می شود تا در قدم اول با استفاده از مالچ اقدام به تثبیت منطقه گردد.

منابع مورد استفاده

- -Abuodha, J.O.Z., 2003. Grain size distribution and composition of modern dune and beach sediments, Malindi Bay coast, Kenya. Journal of African Earth Sciences, 36(1): 41-54.
- -Ahlbrandt, T.S., 1979. Textural parameters of aeolian deposits. 51-89. In: McKee, E. D. (Eds.), A Study of Global Sand Sesa. US Geological Survey Professional Paper 1052, Washington.
- -Assouline, S., Tessier, D. and Bruand, A., 1998. A conceptual model of the soil water retention curve. Water Resources Research, 34(2): 223-231.
- -Bagnold, R. A., 1937. The size-grading of sand by wind. Proceedings of the Royal Society of London, Mathematical and Physical Sciences, 163 (9): 250-264.
- -Bagnold, R. A., 1941. The physics of blown sand and desert dunes. Chapman and Hall, London, 265p.
- -Bird, N. R. A., Perrier, E. and Rieu, M., 2000. The water retention function for a model of soil structure with pore and solid fractal distributions. European Journal of Soil Science, 51(1): 55-63.
- -Blott, S. J. and Pye, K., 2001. GRADISTAT, a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. Earth Surface Processes and Landforms, 26(11): 1237-1248.
- -Boadu, F. K., 2000. Hydraulic conductivity of soils from grain-size distribution: new models. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 126(8): 739-746.
- -Botula, Y. D., Cornelis, W. M., Baert, G., Mafuka, P. and Van Ranst, E., 2013. Particle size distribution models for soils of the humid tropics. Journal of Soils and Sediments, 13(4): 686-698.
- -Buchan, G. D., 1989. Applicability of the simple

and Gallego, J. R., 2011. Feasibility study on the use of soil washing to remediate the As–Hg contamination at an ancient mining and metallurgy area. Journal of hazardous materials, 196: 93-100.

- -Sun, D., Bloemendal, J., Rea, D. K., Vandenberghe, J., Jiang, F., An, Z. and Su, R., 2002. Grain-size distribution function of polymodal sediments in hydraulic and aeolian environments, and numerical partitioning of the sedimentary components. Sedimentary Geology, 152(3): 263-277.
- -Tsoar, H., 1978. The Dynamics of Longitudinal Dunes: Final Technical Report. US Army European Research Office,171 p.
- -Wang, X., Dong, Z., Zhang, J., Qu, J. and Zhao, A., 2003. Grain size characteristics of dune sands in the central Taklimakan Sand Sea.Sedimentary Geology, 161(1): 1-14.
- -Wasson, R. J., 1983. Dune sediment types, sand colour, sediment provenance and hydrology in the Strzelecki-Simpson Desert, Australia. 121-139. In: Brookfield, M. E. and Ahlbrandt, T.S. (Eds.), Eolian Sediments and Processes. Elsevier, Amsterdam, 196p.
- -Wills B. A. and Napier-Munn T. J., 2006. Mineral processing technology. Butterworth-Heinemann, Massachusetts, USA.
- -Woodruff, N. P. and Siddoway, F. H., 1965. A wind erosion equation. Soil Science Society of America Journal, 29(5): 602-608.
- -Zhao, P., Shao, M. A. and Horton, R., 2011. Performance of soil particle-size distribution models for describing deposited soils adjacent to constructed dams in the China Loess plateau. Acta Geophysica, 59(1): 124-138.
- -Zhu, B., 2007. Geochemistry, hydrochemistry and sedimentology of the Taklamakan desert in Tarim basin, NW China. Ph.D Thesis, Institute of Geology and Geophysics Chinese Academy of Sciences (IGGCAS), Beijing, China.
- -Zhu, B. Q., Yu, J. J., Rioual, P. and Ren, X. Z., 2014. Particle size variation of aeolian dune deposits in the lower reaches of the Heihe River basin, China. Sedimentary Geology, 301: 54-69.
- -Zhuang, J., Jin, Y. and Miyazaki, T., 2001. Estimating water retention characteristic from soil particle-size distribution using a non-similar media concept. Soil Science, 166(5): 308-321.
- -Zobeck, T. M. and Van Pelt, R. S., 2006. Wind-induced dust generation and transport mechanics on a bare agricultural field. Journal of hazardous materials, 132(1): 26-38.
- -Zolfaghari, A., Tirgharsoltani, M. T., Yazdani, M. R and E. Soleimani-Sardo. 2014. Investigation of models for describing soil particle size distribution. Iranian Journal of Soil and Water Research, 45(2): 199-20.

technique. Canadian Geotechnical Journal, 49(5): 607-613.

- -Kolev, B., Rousseva, S. and Dimitrov, D., 1996. Derivation of soil water capacity parameters from standard soil texture information for Bulgarian soils. Ecological Modelling, 84(1): 315-319.
- -Krumbein, W. C. and Pettijohn, F. J., 1938. Manual of Sedimentary Petrography. Appleton-Century Crofts, New York, 549p.
- -Lancaster, N., 1981. Grain size characteristics of Namib Desert linear dunes. Sedimentology, 28: 115–122.
- -Lancaster, N., 1995. Geomorphology of Desert Dunes. Routledge, London, 290p.
- -Livingstone, I. and Warren, A., 1996. Aeolian geomorphology: an introduction. Longman. 211p.
- -Mahmoodabadi, M., Dehghani, F. and Azimzadeh, H. R., 2011. Effect of soil particle size distribution on wind erosion rate. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 1(1):81-97.
- -Mehdizadeh, L., Asadzadeh F. and Samadi, A., 2015. Application of mathematical models to describe the particle size distribution of sediments behind successive check dams. Journal of Watershed Engineering and Management, 6(4): 323-336.
- -Menéndez-Aguado, J. M., Peña-Carpio, E. and Sierra, C., 2015. Particle size distribution fitting of surface detrital sediment using the Swrebec function. Journal of Soils and Sediments, 15(9): 2004-2011.
- -Mirzamostafa, N., Stone, L. R., Hagen, L. J. and Skidmore, E. L., 1998. Soil aggregate and texture effects on suspension components from wind erosion. Soil Science Society of America Journal, 62(5): 1351-1361.
- -Mohammadkhan, S., 2012. Grain Size and Shape of Sand Grains in Ergs of Iran. Desert, 17(1): 57-64.
- -Musila, W. M., 1998. Floristic composition, structure and distribution patterns of coastal sand dune vegetation: a case study of the coastal dunes between Malindi and Mambrui. Ph.D. thesis, Moi University, Eldoret, Kenya, 160p.
- -Qian, Y., Wu, Z., Yang, H. and Jiang, C., 2009. Spatial heterogeneity for grain size distribution of eolian sand soil on longitudinal dunes in the southern Gurbantunggut Desert. Journal of Arid Land, 1(1): 26-33.
- -Shao, Y. P., Raupach, M. R. and Leys, J. F., 1996. A model for predicting aeolian sand drift and dust entrainment on scales from paddock to region.Soil Research, 34(3): 309-342.
- -Sharratt, B., Feng, G. and Wendling, L., 2007. Loss of soil and PM10 from agricultural fields associated with high winds on the Columbia plateau. Earth Surface Processes and Landforms, 32(4): 621-630.
- -Sierra, C., Menéndez-Aguado, J. M., Afif, E., Carrero, M.

Predicting wind erodibility of sand dunes by particle size distribution models in parts of western coast of Urmia Lake

F. Asadzadeh^{1*}, M. Khodadadi² and E. Ehsan-Malahat³

1*- Corresponding author, Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, Email: f.asadzadeh@urmia.ac.ir

2- Assistant Professor, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Nuclear Agriculture Research School, Department of Soil, Water and Plant Nutrition, Karaj, Iran

3- M.Sc. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran Received: 3/4/2016 Accepted: 7/17/2016

Abstract

Huge parts of Urmia Lake have been dried up in recent years. As a result, vast areas of salty fine sand dunes, which are very susceptible to wind erosion, have been formed. This study was conducted to investigate the performance of Particle Size Distribution (PSD) models in description of sand dune PSDs and predicting wind erodibility by using PSD models in parts of western coast of Urmia Lake. Totally, 48 samples from a grid of $500m \times 500m$ were collected. PSD of the samples was determined by dry sieving method. Statistical parameters of grain size including mean, sorting, skewness and kurtosis were calculated. Performance of nine PSD models in describing the grain size distribution was assessed by the coefficient of determination (R^2) , Root mean square error (RSME) and Akaike criterion (AIC) of the models. To determine wind erodibility of sand dunes, mass fractions of aggregates <840, <420, 420-840, <100 and 100-840 µm in diameter were determined. Results showed that average of mean grain size of sand dune samples was $310 \mu m$ (1.69 ϕ), which in comparison with many other desert areas of world, are composed of relatively coarse sands, poorly sorted and very leptokurtic. According to the different efficiency, the Fredlund model showed the best performance in describing PSD of the samples. Averagely, around 97% of particles of the samples are less than 840 µm in diameter therefore the study area is very susceptible to wind erosion. About 80% of particles i accounted for particles susceptible to erosion by the processes of suspension and 17% particles are prone to erosion by processes of saltation.

Keywords: Sand dunes, particle size distribution models, wind erodibility, Urmia Lake.