

## تحلیل دانه‌بندی و بافت رسوب در حاشیه جنوبی دریای خزر (مطالعه موردی: خط ساحلی نور)

طیب صادقی فر<sup>۱</sup>، سید علی آزر م سا<sup>۲\*</sup>

azrmsaa@modares.ac.ir

۱- کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

۲- دانشیار دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

### چکیده

تحلیل اندازه دانه‌بندی رسوب ابزار مهمی برای طبقه‌بندی محیط رسوبی می‌باشد. در حال حاضر برای بررسی این مهم، از محاسبه آماری برای بسیاری از نمونه‌ها استفاده می‌شود، اما این روش‌ها وقت‌گیر و دشوار است. اندازه رسوب در ایجاد فرسایش و انتقال رسوب یک عامل مهم محسوب می‌گردد. بنابراین آرایه یک شیوه مدون برای تحلیل دانه‌بندی ضروری می‌باشد. مطالعه حاضر، برای تعیین نوع بافت و دانه بندی رسوب با استفاده از داده‌های حاصل از نمونه‌برداری رسوبات دریایی در سواحل دریای خزر (خط ساحلی نور) در محیط برنامه‌گرید استات<sup>۱</sup> طراحی شده است. نتایج نشان داد که، بافت رسوب خط ساحلی ماسه‌ای بوده است. میانگین نمونه‌ها به صورت  $D_{10}$ ،  $D_{50}$  و  $D_{90}$  به ترتیب  $\Phi$  ۱/۲۵،  $\Phi$  ۲/۶۰۵ و  $\Phi$  ۲/۶۹۳ گزارش شد.

### واژه‌های کلیدی

رسوب، بافت، توزیع دانه‌بندی، برنامه‌گرید استات، دریای خزر

تاریخ دریافت مقاله : ۹۳/۱۲/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۴/۰۴/۱۵

## ۱- مقدمه

فراوانی دانه‌بندی، کورمبین (۱۹۳۴) پیشنهاد داد که مرزهای درجه‌بندی باید به مقیاس لگاریتمی با مقادیر فی ( $\Phi$ ) تبدیل شود، رابطه (۱).

$$\varphi = \log_2^d \quad (1)$$

$d$  اندازه قطر دانه بر حسب میلی‌متری باشد (جدول ۱).

توزیع استفاده شده در این مقیاس لوگ-نرمال<sup>۵</sup>، بوده و به صورت معمول توسط رسوب‌شناسان استفاده می‌شود [۸، ۹، ۱۰]. اکثراً رسوب‌شناسان معتقد هستند که توزیع-های لوگ-هیپربولیک<sup>۶</sup> فراهم شده برای هر درون‌یابی، به طور معنی‌داری این فرآیندهای را می‌تواند پوشش دهد و هنوز بیشترین استفاده از توزیع لوگ-نرمال صورت می‌گیرد [۱۱، ۱۲].

پارامترهای مورد استفاده برای توصیف توزیع دانه‌بندی به چهار گروه اصلی (۱) اندازه متوسط (میانگین)، (۲) پراکندگی اندازه پیرامون میانگین (جورشدگی)، (۳) معیاری از وجود یا عدم وجود تقارن تابع توزیع (چولگی) و (۴) معیاری از تیزی منحنی در نقطه ماکزیمم (کشیدگی) تقسیم می‌شود. این پارامترها را می‌توان به سادگی با استفاده از روش‌های ریاضیاتی و یا نموداری به دست آورد. که در این میان، روش ریاضیاتی گشتاور دقت بیشتری در تعداد نمونه‌ها به کار گرفته شده را دارا می‌باشد [۱۳، ۱۴].

با این حال، به عنوان یک نتیجه، نتایج آماری بیشترین تاثیر را در نقاط پرت در دنباله‌ای از توزیع دارا می‌باشند، و این شکل از آنالیزها نباید استفاده شود مگر زمانی که توزیع به صورت کامل شناخته شده باشد [۵]. محاسبه پارامترهای دانه‌بندی با استفاده از روش گشتاورها یک فرآیند دشوار بوده است. با این حال می‌توان تقریبی از پارامترها را به دست آورد، به دست آوردن اطلاعات از رسم کردن نمودار فراوانی داده‌ها یا با استفاده از منحنی فراوانی تجمعی، و یا با استخراج و یا تعیین کردن مقادیر ورودی برای کل منحنی فرمول‌های را به دست آمد. فرمولی که توسط فلک و وارد (۱۹۵۷) پیشنهاد شده است

دانه‌بندی یکی از اساسی‌ترین و مهم‌ترین ویژگی ذرات رسوبی است که در انتقال و فرسایش موثر می‌باشد. تحلیل اندازه دانه، ابزار (مهمی برای طبقه‌بندی محیط‌های رسوبی می‌باشد. محاسبه آماری در این زمینه می‌تواند قابل توجه باشند اما فرآیند آن دشوار می‌باشد. بنابراین عرضه کردن تحلیل اندازه دانه نشانه مهمی در منشاء رسوب، تاریخچه انتقال و شرایط فرسایش می‌باشد [۱، ۲ و ۳].

دانه‌های رسوبی براساس قطرشان به رس‌ها، لای‌ها، ماسه-ها، دانه ریزها، ریگ‌ها، قلوه سنگ‌ها و تخته سنگ‌ها طبقه بندی می‌شوند. رس‌ها و لای‌ها را مجموعاً گل می‌نامند؛ دانه‌ریزها، ریگ‌ها و قلوه‌سنگ‌ها را مجموعاً شن می‌نامند. شن گرد و شسته شده اغلب شینگل<sup>۱</sup> نامیده می‌شود [۴].

روش‌های متنوعی برای تعیین دانه‌بندی به کار می‌رود که شامل اندازه‌گیری مستقیم، الک کردن رسوبات خشک و مرطوب، ته‌نشینی، و اندازه‌گیری به وسیله گرانولومتر لیزری<sup>۲</sup> سدی‌گراف تابش ایکس<sup>۳</sup> و شمارشگرکولتر<sup>۴</sup> می‌باشند.

## ۱-۱ تحلیل اساسی دانه‌بندی

تعیین بهترین توزیع اندازه دانه رسوبات مختلف، اغلب با استفاده از معیار انحراف معیار برای تشریح می‌شود. محاسبات انجام شده با فرض نرمال بودن، یا گاوسی بودن توزیع، با یک مقیاس حسابی برای دانه‌بندی، که به ندرت رسوب‌شناسان از آنها استفاده می‌شود صورت می‌گیرد، از این رو تاکید بسیاری بر رسوبات درشت دانه و ریز دانه شده است [۵].

از این رو، مقیاس‌های هندسی معمولاً با تاکید مشابه بر اختلافات جزئی در ذرات ریز و اختلافات بزرگ در ذرات درشت به کار می‌رود. اکثر رسوب‌شناسان مقیاس درجه-بندی لگاریتمی اودن-ونت ورث را اتخاذ کرده‌اند [۶، ۷]، که در آن مرز بین دو طبقه متوالی متفاوت از دو فاکتور می‌باشد. به منظور تسهیل در ارائه و برازش آماری ازداده‌ها

- 1- Shingle
- 2- Laser Garanolometer
- 3- X-ray sedigraph
- 4- Coulter counter

- 5- Log-normal
- 6- Log-hyperbolic

هر ذره و محاسبه فراوانی محاسبه کردند [۲۰]. بررسی اثر پارامترهای آماری و نموداری برای توصیف توزیع دانه‌بندی پرداختند [۲۱]. اجزای دانه‌بندی و نوع تابع آنها را به وسیله منحنی توزیع تجمعی و منحنی فراوانی تعیین نمودند و به این منظور از فرمول توزیع دانه‌بندی استفاده کردند [۲۲].

کشور ایران دارای سواحل طولانی و پر اهمیت در مرزهای شمالی و جنوبی است. از این رو شناخت دقیق رفتار سواحل، و دانه‌بندی نوع رسوب آنها جهت تخمین میزان دقیق انتقال رسوب که یکی از پارامترهای کلیدی در فرمول‌های تجربی است ضروری می‌باشد.

#### ۱-۲ برنامه گزید استات

با نیازهای گسترده محققان در تحقیقاتی چون زمین‌شناسی و رسوب‌شناسی برنامه گزید استات نوشته شده است. این برنامه (حدود ۵۰ نمونه در هر ساعت) محاسبه آماری از دانه‌بندی را با استفاده از دو روش فلک و وارد (۱۹۵۷) و گشتاورها را به سرعت انجام می‌دهد. درحالی‌که برنامه قابلیت انتشار تحلیل داده‌های دانه‌بندی را در گذشته داشته است [۲۳، ۲۴، ۲۵].

این محاسبات اکثراً سخت و طاقت فرسا می‌باشند. این برنامه در ویژوال بیسیک نوشته شده، که به یک صفحه گسترده اکسل یک پارچه، که خروجی‌ها را به دو صورت جدولی و نموداری ارائه می‌دهد. کاربر موظف است که ورودی را به صورت درصدی در برنامه وارد کند. این را می‌توان با استفاده از وزن باقی‌مانده در هر الک، یا درصدی از رسوب موجود در هر مقدار از طبقه باقی مانده برای گرانولومترلیزری، سدی‌گراف اشعه ایکس یا شمارشگر کویپتر می‌باشد.

نمونه‌های آماری قابل محاسبه عبارتند از: میانگین<sup>۲</sup>، مد<sup>۳</sup>، انحراف معیار استاندارد<sup>۴</sup>، چولگی<sup>۵</sup>، کشیدگی<sup>۶</sup> و یک دامنه از مقادیر بر حسب درصد تجمعی (دانه‌بندی در درصدی

به صورت گسترده‌ای برای محاسبات مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹].

جدول (۱): طبقه بندی اندازه رسوب

نوع	واحد $\Phi$	ونت ورث (mm)
گرداله‌سنگ (boulder)	> -۸	> ۲۵۶
قلوه سنگ (cobble)	-۸ تا -۶	۶۴ تا ۲۵۶
ریگ (pebble)	-۶ تا -۲	۴ تا ۶۴
دانه	-۲ تا -۱	۲ تا ۴
بسیار درشت	۰ تا -۱	۱ تا ۲
درشت	۱ تا ۰	۰/۵ تا ۱
متوسط	۲ تا ۱	۰/۲۵ تا ۰/۵
ریز	۳ تا ۲	۰/۱۲۵ تا ۰/۲۵
بسیار ریز	۴ تا ۳	۰/۰۶۲۵ تا ۰/۱۲۵
درشت	۵ تا ۴	۰/۰۳۱۲ تا ۰/۰۶۲۵
متوسط	۶ تا ۵	۰/۰۱۵۶ تا ۰/۰۳۱۲
ریز	۷ تا ۶	۰/۰۰۷۸ تا ۰/۰۱۵۶
بسیار ریز	۸ تا ۷	۰/۰۰۳۹ تا ۰/۰۰۷۸
درشت	۹ تا ۸	۰/۰۰۱۹۵ تا ۰/۰۰۳۹
متوسط	۱۰ تا ۹	۰/۰۰۰۹۸ تا ۰/۰۰۱۹۵

چنین روش‌های مناسبی برای تحلیل توزیع نامحدود<sup>۱</sup> مورد استفاده قرار گرفته، سپس قسمت‌های از توزیع، که شامل نقاط پرت می‌باشد نادیده گرفته می‌شود. با توسعه تحلیل داده‌ها کامپیوتری در چند دهه اخیر، محاسبه هر دو روش گشتاور و پارامترهای نموداری به صورت خودکار می‌توان انجام گرفت، و برخی از مزیت‌های اصلی روش‌های نموداری دیگر کاربردی ندارد.

توزیع دانه‌بندی براساس یک تحلیل از مقاطع نازک موثر به وسیله روش‌های: انتخاب ذره، تخصیص بعد خطی به

- 2- Mean
- 3- Mode
- 4- Sorting (standard deviation)
- 5- Skewwnss
- 6- Kurtosis

- 1- Open-ended distributions

"چولگی درشت" (نشان‌دهنده دنباله‌ای از ذرات درشت است) مشخص می‌شود.

این برنامه جهت یک تشریح فیزیکی از طبقه‌بندی بافت (مانند، رس، ماسه، شن) که از قبل توسط فلک (۱۹۵۴) فراهم شده است. همچنین شامل یک جدول به دست آمده برای درصدی از سقوط هر اندازه کسری می‌باشد. از لحاظ خروجی، این برنامه نموداری از توزیع اندازه دانه و توزیع تجمعی از داده‌ها در هر دو واحد میکرومتر و فی را فراهم می‌کند، و نمایش دهنده اندازه نمونه در نمودار مثلی که به صورت سنگریزه-ماسه-رس و ماسه-سیلت-رس می‌باشد. نمونه‌ها را می‌توان به صورت جداگانه مورد تحلیل قرار داده، و یا تا ۲۵۰ نمونه ممکن به همراه تمام تحلیل‌های آماری در اختیار کاربر قرار می‌دهد [۲۶].

#### ۱- مواد و روش‌ها

##### ۲-۱ منطقه مورد مطالعه

این پژوهش در منطقه ساحلی نور در جنوب دریای خزر به طول ۲۴۰۰ متر واقع در عرض جغرافیایی "۵۲°۵/۲۰ تا ۳۶°۳۶ تا ۴۰/۹۳" ۱۷°۳۷ شمالی و طول جغرافیایی ۱۸°۲۷ تا ۵۳°۱۷/۱۶" ۳۲°۵۰ شرقی در ۴ ایستگاه به صورت دوره‌ای از اول مهر تا آخر اسفندماه ۱۳۹۰ انجام شد (شکل ۱).

خصوصیات ایستگاه‌های برداشت داده‌ها در خط ساحلی با فواصل مناسب در حدود ۶۰۰ متر در نظر گرفته شد و نمونه‌برداری به صورت ماهیانه (زمان مشخص) برای هر ایستگاه انجام گرفت و سپس میانگین آنها در این پژوهش در نظر گرفته شده است مد نظر قرار گرفت

معینی از دانه‌ها درشت)، بنام‌ها  $D_{10}$ ,  $D_{50}$ ,  $D_{90}$ ,  $D_{90}/D_{10}$ ,  $D_{75}/D_{25}$  and  $D_{75} - D_{25}$  می‌باشند.

در این برنامه، روشی از گشتاورها برای محاسبات آماری مانند روش حسابی (براساس یک توزیع نرمال با مقادیری با واحد متریک، به ندرت در رسوب‌شناسی برای اندازه-گیری قابل استفاده می‌باشد) به صورت هندسی (براساس یک توزیع نرمال با مقادیری با واحد متریک) و لگاریتمی (براساس یک توزیع نرمال با مقادیری برحسب فی)، اصطلاحات و فرمول‌های پیشنهادی کورمبین و پتی‌جان (۱۹۳۸) می‌باشد استفاده شده است [۱۳].

مقادیر مشخص شده از منحنی درصد تجمعی استخراج شده با استفاده از درون‌یابی خطی بین نقاط مجاور مشخص شده را در یک منحنی را به دست می‌آید. این نقاط برای محاسبه پارامترهای فلک و وارد و پارامترهای لگاریتمی مورد استفاده قرار می‌گیرد. (پیشنهاد اولیه در فلک و وارد (۱۹۵۷)، براساس توزیع نرمال با مقادیر فی) و به صورت هندسی (براساس توزیع نرمال با مقادیر متریک) است. فرمول‌های استفاده شده در محاسبات در جدول ۲ نمایش داده شده است [۲].

پارامترهای آماری همچنین متناسب با مولفه‌های توصیفی هستند. برای اصطلاحات سازگار با گل و لای و درصدی از شن، شن به عنوان کسری که شامل پنج طبقه مشتق شده بسیار ریز (۲ میلی‌متر) تا خیلی درشت (۶۴ میلی-متر) می‌باشد. قطعه سنگی بزرگتر از ۶۴ میلی‌متر به وسیله تخته‌سنگ‌ها تشریح می‌شوند. برای اجتناب از سردرگمی و همچنین چولگی مناسب با مقیاس‌ها متریک و یا فی باشد، چولگی مثبت با "چولگی خوب" (نشان-دهنده بیش از حد خوب بودن می‌باشد)، و چولگی منفی

جدول(۲): فرمول‌های آماری در محاسبات پارامترهای دانه‌بندی و پیشنهاد اصطلاحات توصیفی، از فرمول‌های کورمبین و پتی جان (۱۹۸۳) و فلک و وارد (۱۹۵۷) (f درصد فراوانی می‌باشد؛ در این روابط، m نقطه میانی هر فاصله طبقه با واحد متریک ( $m_m$ ) یا واحد فی ( $m_\phi$ ) است؛  $P_x$  و  $\phi_x$  به ترتیب قطرهای دانه، در واحدهای متریک یا فی است، مقدار صدک تجمعی از X می‌باشد

## ۱-۲ روش حسابی گشتاورها

میانگین	انحراف معیار استاندارد	چولگی	کشیدگی
$\bar{x}_a = \frac{\sum f m_m}{100}$	$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum f(m_m - \bar{x}_a)^2}{100}}$	$Sk_a = \frac{\sum f(m_m - \bar{x}_a)^3}{100\sigma_a^3}$	$K_a = \frac{\sum f(m_m - \bar{x}_a)^4}{100\sigma_a^4}$

## ۲-۲ روش هندسی گشتاورها

میانگین	انحراف معیار استاندارد	چولگی	کشیدگی
$\bar{x}_g = \exp \frac{\sum f \ln m_m}{100}$	$\sigma_g = \exp \sqrt{\frac{\sum f(\ln m_m - \ln \bar{x}_g)^2}{100}}$	$Sk_g = \frac{\sum f(\ln m_m - \ln \bar{x}_g)^3}{100 \ln \sigma_g^3}$	$K_g = \frac{\sum f(\ln m_m - \ln \bar{x}_g)^4}{100 \ln \sigma_g^4}$

جورشدگی ( $\sigma_g$ )	چولگی ( $Sk_g$ )	کشیدگی ( $K_g$ )
خیلی خوب جور شده < ۱/۲۷	چولگی بسیار خوب < - ۱/۳۰	بسیار پهن < ۱/۷۰
جورشدگی خوب ۱/۲۷ - ۱/۴۱	چولگی خوب - ۱/۳۰ تا - ۰/۴۳	پهن ۱/۷۰ - ۲/۵۵
جورشدگی نسبتاً مرتب ۱/۴۱ - ۱/۶۲	متقارن - ۰/۴۳ تا + ۰/۴۳	میانه پهن ۲/۵۵ - ۳/۷۰
جورشدگی نسبی ۱/۶۲ - ۲/۰۰	چولگی درشت - ۰/۴۳ تا + ۱/۳۰	کشیده ۳/۷۰ - ۷/۴۰
جورشدگی ضعیف ۲/۰۰ - ۴/۰۰	چولگی خیلی درشت > + ۱/۳۰	بسیار کشیده > ۷/۴۰
جورشدگی بسیار ضعیف ۴/۰۰ - ۱۶/۰۰		
جورشدگی به شدت ضعیف > ۱۶		

## ۳-۲ روش لگاریتمی گشتاورها

میانگین	انحراف معیار استاندارد	چولگی	کشیدگی
$\bar{x}_\phi = \frac{\sum f m_\phi}{100}$	$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum f(m_\phi - \bar{x}_\phi)^2}{100}}$	$Sk_\phi = \frac{\sum f(m_\phi - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3}$	$K_\phi = \frac{\sum f(m_\phi - \bar{x}_\phi)^4}{100\sigma_\phi^4}$

جور شدگی ( $\sigma_\phi$ )	چولگی ( $Sk_\phi$ )	کشیدگی ( $K_\phi$ )
خیلی خوب جور شده < ۰/۳۵	چولگی بسیار خوب > ۱/۳۰	بسیار پهن < ۱/۷۰
جور شدگی خوب ۰/۳۵ - ۰/۵۰	چولگی خوب + ۱/۳۰ تا + ۰/۴۳	پهن ۱/۷۰ - ۲/۵۵
جور شدگی نسبتاً مرتب ۰/۵ - ۰/۷	متقارن - ۰/۴۳ تا + ۰/۴۳	میانه پهن ۲/۵۵ - ۳/۷۰
جور شدگی نسبی ۰/۷ - ۱/۰	چولگی درشت - ۰/۴۳ تا + ۱/۳۰	کشیده ۳/۷۰ - ۷/۴۰
جور شدگی ضعیف ۱/۰ - ۲/۰	چولگی خیلی درشت < ۱/۳۰	بسیار کشیده > ۷/۴۰
جور شدگی بسیار ضعیف ۲ - ۴		
جور شدگی به شدت ضعیف > ۴/۰		

۲-۴ اندازه‌گیری‌های نموداری فلک و وارد به صورت لگاریتمی (اصلی)

میانگین	انحراف معیار استاندارد	چولگی	کشیدگی
$M_z = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3}$	$\sigma_1 = \frac{\varphi_{84} - \varphi_{16}}{4} + \frac{\varphi_{95} + \varphi_5}{6.6}$	$Sk_I = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{84} + 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{84} - \varphi_{16})} + \frac{\varphi_5 + \varphi_{95} - 2\varphi_{50}}{2(\varphi_{95} - \varphi_5)}$	$K_G = \frac{\varphi_{95} - \varphi_5}{2.44(\varphi_{75} - \varphi_{25})}$
جور شدگی ( $\sigma_I$ )	چولگی ( $Sk_I$ )	کشیدگی ( $K_G$ )	
خیلی خوب جور شده < ۰/۳۵	چولگی بسیار خوب <sup>۱</sup> تا <sup>۱</sup> ۰/۳	بسیار پهن < ۰/۶۷	
جور شدگی خوب ۰/۳۵-۰/۵۰	چولگی خوب ۰/۳ تا <sup>۱</sup> ۰/۱	پهن ۰/۶۷-۰/۹	
نسبتاً خوب مرتب شده ۰/۵۰-۰/۷	متقارن ۰/۱ تا <sup>-</sup> ۰/۱	میانه پهنا ۰/۹-۱/۱۱	
جور شدگی نسبی ۰/۷-۱	چولگی درشت ۰/۳ تا <sup>-</sup> ۰/۱	کشیده ۱/۱۱-۱/۵	
جور شدگی ضعیف ۱-۲	چولگی بسیار درشت <sup>-</sup> ۰/۳ تا <sup>-</sup> ۱	بسیار کشیده ۱/۵-۳	
جور شدگی بسیار ضعیف ۲-۴		به شدت کشیده > ۳	
جور شدگی به شدت ضعیف > ۴			

۲-۵ اندازه‌گیری نموداری فلک و وارد (۱۹۵۷) به صورت هندسی (تغییر یافته)

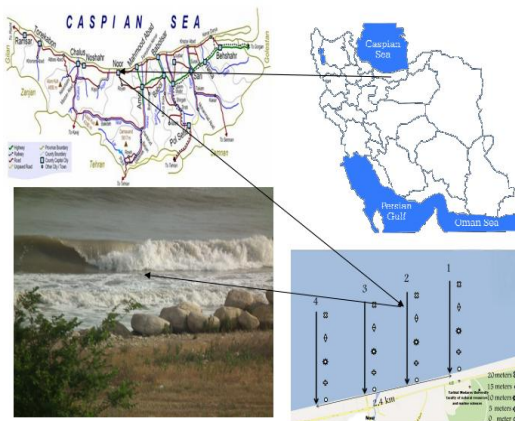
میانگین	انحراف معیار استاندارد	چولگی	کشیدگی
$M_G = \exp \frac{\ln P_{16} + \ln P_{50} + \ln P_{84}}{3}$	$\sigma_G = \exp \left( \frac{\ln P_{16} - \ln P_{84}}{4} + \frac{\ln P_5 - \ln P_{95}}{6.6} \right)$	$Sk_G = \frac{\ln P_{16} + \ln P_{84} - 2(\ln P_{50})}{2(\ln P_{84} - \ln P_{16})} + \frac{\ln P_5 + \ln P_{95} - 2(\ln P_{50})}{2(\ln P_{25} - \ln P_5)}$	$K_G = \frac{\ln P_5 - \ln P_{95}}{2.44(\ln P_{25} - \ln P_{75})}$
جور شدگی ( $\sigma_G$ )	چولگی ( $Sk_G$ )	کشیدگی ( $K_G$ )	
خیلی خوب جور شده < ۱/۲۷	چولگی بسیار خوب <sup>۱</sup> تا <sup>۱</sup> ۰/۳	بسیار پهن < ۰/۶۷	
جور شدگی خوب ۱/۲۷-۱/۴۱	چولگی خوب ۰/۳ تا <sup>۱</sup> ۰/۱	پهن ۰/۶۷-۰/۹	
نسبتاً خوب مرتب شده ۱/۴۱-۱/۶۲	متقارن ۰/۱ تا <sup>-</sup> ۰/۱	میانه پهنا ۰/۹-۱/۱۱	
جور شدگی نسبی ۱/۶۲-۲	چولگی درشت ۰/۳ تا <sup>-</sup> ۰/۱	کشیده ۱/۱۱-۱/۵	
جور شدگی ضعیف ۲-۴	چولگی بسیار درشت <sup>-</sup> ۰/۳ تا <sup>-</sup> ۱	خیلی کشیده ۱/۵-۳	
جور شدگی بسیار ضعیف ۴-۱۶		به شدت کشیده > ۳	
جور شدگی بسیار ضعیف > ۱۶			

۲-۲ روش به دست آوردن دانه‌بندی رسوبات

داده شد تا ذرات براساس اندازه‌ی قطر بزرگ‌شان توسط الک‌های موجود در دستگاه از یکدیگر جدا شوند. (شکل ۲).

۲-۲-۱ روش الک‌کردن یا روش مکانیکی تعیین اندازه دانه‌ها

دانه‌بندی رسوبات به روش الک انجام شد به منظور انجام دانه‌بندی رسوبات نمونه‌های برداشت شده به آزمایشگاه منتقل شد و توسط دستگاه خشک‌کن<sup>۱</sup> با حرارت ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد سپس مقدار ۱۰۰ گرم از هر نمونه‌ی رسوبی توسط ترازوی دیجیتالی جدا و هر یک از نمونه‌ها به مدت ۶ دقیقه در دستگاه لرزان اتوماتیک<sup>۲</sup> قرار



شکل (۱): منطقه مورد مطالعه سواحل جنوبی دریای خزر

- 1- Oven
- 2- Shaker

مانده روی هر الک و در نهایت وزن کل نمونه‌ی به کار رفته توسط ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد و درصد وزنی و درصد تجمعی طبق روابط (۲، ۳) زیر برای رسوبات روی هر الک محاسبه شدند:

$$(۲) \text{ *درصد وزنی} = (\text{وزن رسوب روی هر الک} / \text{وزن کل نمونه}) \times 100$$

$$(۳) \text{ *درصد تجمعی} = \text{درصد وزنی هر الک} + \text{درصد وزنی الک‌های قبل}$$

در نهایت داده‌های به دست آمده که شامل وزن هر نمونه‌ی رسوبی، درصد وزنی، درصد تجمعی و اندازه‌ی قطر ذرات بودند در جداول مخصوص یادداشت شدند. نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

جداول تهیه شده به محیط نرم افزار Microsoft Excel وارد شدند تا با ترسیم منحنی‌های توزیع نرمال و توزیع تجمعی پارامترهایی چون  $D_{50}$  قطر متوسط ۵۰ درصد وزنی از رسوبات یک نمونه و میانگین  $M$  با استفاده از منحنی‌ها تعیین شوند زیرا استخراج اعداد فوق‌الذکر در تجزیه و تحلیل شرایط توزیع دانه‌بندی رسوبات از نظر میزان جورشدگی و ضریب یکنواختی بسیار کارآمد می‌باشد. همچنین پارامترهای رسوبی نظیر جورشدگی، تیزشدگی و کج‌شدگی با استفاده از منحنی‌های توزیع نرمال و تجمعی و نیز فرمول‌های موجود تعیین شد [۲۷].

مقادیر به دست آمده را در برنامه‌ی گرید استات وارد شدند و دانه‌بندی و بافت رسوب به دست آمد. نتایج به دست آمده برای بافت در اعماق مختلف با استفاده از برنامه‌ی گرید استات در جدول ۴ نشان داده شده است.



شکل (۲): وسایل مورد نیاز برای دانه بندی رسوب

الک‌های به کار رفته در عمل غربال‌گری با توجه به حد حداقل و حداکثر ماسه‌های خزری با قطر منافذ ۱، ۰/۶، ۰/۲۵، ۰/۱۵، ۰/۱۲۵، ۰/۹، ۰/۰۶۳، ۰/۰۵۳ میلی‌متر که به ترتیب متناظر با شماره الک‌های ۱۰، ۳۵، ۶۰، ۱۰۰، ۱۴۰، ۲۳۰ و ۴۰۰ می‌باشند، انتخاب شده است که قدرت جداسازی دانه‌های رسوبی از گراول تا ماسه‌های دانه‌درشت، متوسط، دانه‌ریز و ذرات سیلتی و رسی را دارا می‌باشند.

علت انتخاب الک‌های مذکور نوع رژیم ماسه‌ای با دانه‌بندی متفاوت رسوبات خزر جنوبی است که از ماسه‌های درشت دانه بزرگ‌تر از یک میلی‌متر تا مواد سیلتی و ذرات کوچک‌تر از ۰/۰۵۳ میلی‌متر تشکیل یافته است. پس از اتمام مرحله الک کردن، وزن دانه‌های رسوب بر جای

جدول (۳): درصد وزنی دانه‌های مانده روی هر الک به دست آمده در عمق‌های مختلف

عمق (متر) / شماره الک	۱۰	۳۵	۶۰	۱۰۰	۱۴۰	۲۳۰	۴۰۰
صفر	۰	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۵۹	۰/۵۳	۰/۰۳	۰/۰۰۴
پنج	۰	۰/۰۵۲	۰/۰۷۵	۰/۵۳	۰/۲۲	۰/۰۹	۰/۰۳۳
ده	۰	۰/۱۶۹	۰/۰۲۱	۰/۲	۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۱۱
پانزده	۰	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۱۷	۰/۰۷
بیست	۰	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۵۹	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۰۱

جدول (۴): نتایج به دست آمده از برنامه گزید استات

نوع	صفر متری	۵ متری	۱۰ متری	۱۵ متری	۲۰ متری
نوع بافت	ماسه‌ای	ماسه‌ای	لای - ماسه‌ای	ماسه‌ای	ماسه‌ای
میانگین	۲۸۸/۲	۱۹۶/۴	۲۰۶/۹	۱۹۷/۲	۲۰۱/۲
جورشدگی	۱۵۹/۶	۱۱۲/۲	۱۸۷/۴	۱۶۵/۵	۱۱۳
چولگی	۱/۳۰۹	۲/۳۴۰	۱/۴۶۵	۱/۸۰۵	۲/۵۸۱
کشیدگی	۳/۰۸۷	۹/۴۵۰	۳/۵۵۷	۴/۸۹۲	۹/۹۷۵
میانگین	۲۴۸/۴	۱۶۸/۷	۱۴۶/۴	۱۴۹/۸	۱۷۵/۶
جورشدگی	۱/۶۱۲	۱/۶۴۳	۲/۱۶۲	۱/۹۵۸	۱/۵۳۶
چولگی	۰/۷۲۴	۰/۰۱۵	۰/۵۸۰	۰/۶۳	۰/۴۸۱
کشیدگی	۳/۰۸۲	۴/۲۸۶	۰/۴۶۴	۳/۰۸۴	۵/۱۲۶
میانگین	۲/۰۱	۲/۵۶۸	۲/۷۷۲	۲/۷۳۹	۲/۵۱
جورشدگی	۰/۶۹	۰/۷۲	۱/۱۱۲	۰/۹۷	۰/۶۴۴
چولگی	-۰/۷۲۴	-۰/۰۱۵	۰/۵۸	-۰/۶۳	-۰/۴۸
کشیدگی	۳/۰۸۲	۴/۲۸۶	۲/۴۶۴	۳/۰۸۴	۵/۱۲۶
میانگین	۲۶۶/۱	۱۶۷/۳	۱۶۵/۸	۱۳۶	۱۷۰/۴
جورشدگی	۱/۶۹۴	۱/۶۴۸	۲/۴۵۱	۱/۹۳	۱/۵۹۲
چولگی	۰/۴۵۲	-۰/۰۴۲	۰/۲۸۹	۰/۱۰۷	۰/۰۰۳
کشیدگی	۱/۱۰۴	۱/۵۱۶	۱/۰۸۵	۱/۵۲۹	۱/۶۵۴
میانگین	۱/۹۱۰	۲/۵۸۰	۲/۵۹۲	۲/۸۷۸	۲/۵۵۳
جورشدگی	۰/۷۶۱	۰/۷۲۱	۱/۲۹۳	۰/۹۴۹	۰/۶۷۱
چولگی	-۰/۴۵۲	۰/۰۴۲	-۰/۲۸۹	-۰/۱۰۷	-۰/۰۰۳
کشیدگی	۱/۱۰۴	۰/۵۱۶	۱/۰۸۵	۱/۵۲۹	۱/۶۵۴
D <sub>10</sub> (μm)	۱۵۴/۳	۸۲/۱۶	۶۰/۰۲	۶۷/۰۹	۱۰۸/۲
D <sub>50</sub> (μm)	۲۱۹/۲	۱۷۳/۷	۱۳۰/۵	۱۳۷/۲	۱۷۶
D <sub>90</sub> (μm)	۵۹۰/۳	۲۸۳/۶	۵۷۷	۵۴۲/۱	۲۵۰
(D <sub>90</sub> /D <sub>10</sub> )( μm)	۳/۸۲۵	۳/۴۵۲	۹/۶۱۲	۸/۰۸	۲/۳۱



ادامه جدول (۴): نتایج به دست آمده از برنامه گرداسات

۱۴۱/۸	۴۷۵	۵۱۶/۹	۲۰۱/۵	۴۳۶	(D <sub>90</sub> -D <sub>10</sub> )( μm)
۱/۶۱۲	۱/۹۳۲	۲/۶۷۹	۱/۷۲۵	۱/۷۶۸	(D <sub>75</sub> /D <sub>25</sub> )( μm)
۸۳/۱۸	۹۷/۹۲	۱۳۴/۱	۹۳/۲	۱۳۵/۲	(D <sub>75</sub> -D <sub>25</sub> )( μm)
۲	۰/۸۸۳	۰/۷۹۳	۱/۸۱۸	۰/۷۶	D <sub>10</sub> (Φ)
۲/۵۰۶	۲/۸۶۵	۲/۹۳۸	۲/۵۲۵	۲/۱۹	D <sub>50</sub> (Φ)
۳/۲۰۸	۳/۸۹۸	۰/۰۵۸	۳/۶۰۵	۲/۶۹۶	D <sub>90</sub> (Φ)
۱/۶۰۴	۴/۴۱۳	۵/۱۱۵	۱/۹۸۳	۳/۵۴۶	(D <sub>90</sub> /D <sub>10</sub> )( Φ)
۱/۲۰۸	۳/۰۱۴	۳/۲۶۵	۱/۷۸۸	۱/۹۳۶	(D <sub>90</sub> -D <sub>10</sub> )(Φ)
۱/۳۱۴	۱/۴۱۱	۱/۶۳۹	۱/۳۶۲	۱/۴۸۸	(D <sub>75</sub> /D <sub>25</sub> )( Φ)
۰/۶۸۹	۰/۹۴۳	۱/۴۲۱	۰/۷۸۷	۰/۸۲۲	(D <sub>75</sub> -D <sub>25</sub> )( μm)

## ۲- نتایج و بحث

توجه به اندازه‌گیری‌های فراهم شده با استفاده از روش فلک و وارد، امکان انجام مقایسه‌های بیشتری وجود دارد.

اگرچه بسیاری از رسوب‌شناسان به طور سنتی از مقیاس فی در نتایج آماری استفاده می‌کنند، اما استفاده از واحدهای متریک نیز موثر است. در هر مطالعه برای تحلیل دانه‌بندی باید روش اندازه‌گیری در هر محاسبه آماری معین شود. اگر چه در بسیاری از مطالعات بیش از یک روش استفاده می‌شود تا اطلاعات بیشتر و دقیق‌تری از فرآیند ارائه شود. نتایج حاصل از این تحقیق به صورت نمودارهای توزیع دانه بندی در اشکال ۳ تا ۷ ارائه شده اند.

### ۳- نتیجه‌گیری

تحقیقات گذشته بیشتر در مورد مزایای نسبی شاخص‌های آماری ترسیمی و گشتاوری بوده است. اگر فقط اندازه متوسط ذره و مقادیر جورشدگی مورد نیاز باشد، روش‌های ترسیمی و گشتاوری نتایج مشابهی را می‌توانند تولید کنند.

اگرچه هنوز بیشتر رسوب شناسان به صورت سنتی با واحد فی کار می‌کنند، پژوهش حاضر نشان داد که آماره

با وجود این که برنامه گرد استات در شرایط مولفه‌های ورودی و خروجی بسیار انعطاف‌پذیر بوده و می‌تواند به شیوه مناسبی نتایج را پردازش کند، باید به این نکته توجه کرد که تمامی روش‌های تحلیل توزیع دانه‌بندی تحت تاثیر عواملی مانند شکل دانه و چگالی قرار می‌گیرند، در حالی که برخی از روش‌های تعیین فراوانی دانه‌بندی در واحد وزن و یا واحد حجم مشخص می‌شوند. از این رو مقایسه نتایج به دست آمده با روش‌های مختلف به دلیل استفاده از فاکتورهای کالیبراسیون متفاوت مناسب نیست.

روش گرافیکی نسبتاً به رسوباتی که در توزیع دانه‌بندی دارای محدوده بزرگی هستند غیر حساس است. این می‌تواند یک مزیت و یا عیب باشد که بسته به نوع مطالعه متفاوت است. روش گشتاور به همان اندازه می‌تواند دارای اهمیت باشد که روش فلک و وارد برای توصیف دقیق ویژگی‌های ذرات مهم است. اگر فقط به اندازه میانی دانه و مقادیر جورشدگی نیاز باشد، روش‌های نموداری و گشتاوری می‌توانند نتایج مشابهی را تولید کنند. با این حال، اگر چولگی و یا کشیدگی تعیین کننده باشند، با

های میانه، یا مقدار اندازه  $D_{50}$ ، و کمیاتی نظیر  $D_{90}/D_{10}$ ،  $D_{90}-D_{10}$ ،  $D_{75}-D_{25}$  (دامنه میان چارگی) برای بررسی و تحلیل رسوبات استفاده می کنند.

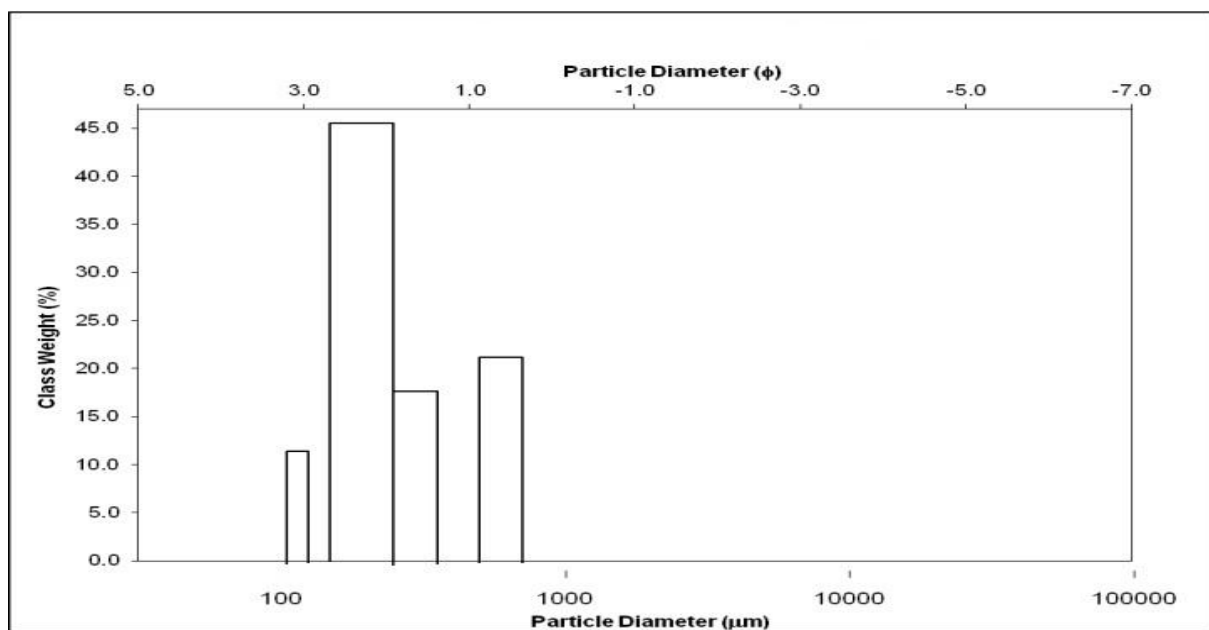
در این پژوهش از برنامه گریداستات جهت تعیین بافت و نوع رسوب استفاده شده است. نتایج نشان داد که بافت رسوب در ساحل (عمق صفر متر) نور ماسه‌ای، در عمق ۵ متری ماسه‌ای، در عمق ۱۰ متری ماسه‌ای-لای، در عمق ۱۵ متری ماسه‌ای و در عمق ۲۰ متری ماسه‌ای بوده است. پس در کل می توان نتیجه گرفت که بافت سواحل جنوبی دریای خزر در منطقه مورد مطالعه ماسه‌ای می-باشد.

هندسی (در واحد متریک) بر آماره لگاریتمی (در واحد فی) بهتر عمل می کند. مقیاس فی به ندرت در میان زیست‌شناسان، باستان شناسان، دانشمندان یا مهندسی خاک‌شناسی که به دنبال نتایج ساده تر و قابل تصور می-باشند، مورد استفاده قرار می گیرد. هر مطالعه تحلیل اندازه ذره باید شامل یک اظهار نظر روشن از تکنیک‌های اندازه‌گیری و روش مورد استفاده در محاسبه هر آماره باشد. در بسیاری از مواقع نتایج به دست آمده از روش-های مختلف ممکن است اطلاعات بیشتری را فراهم آورد.

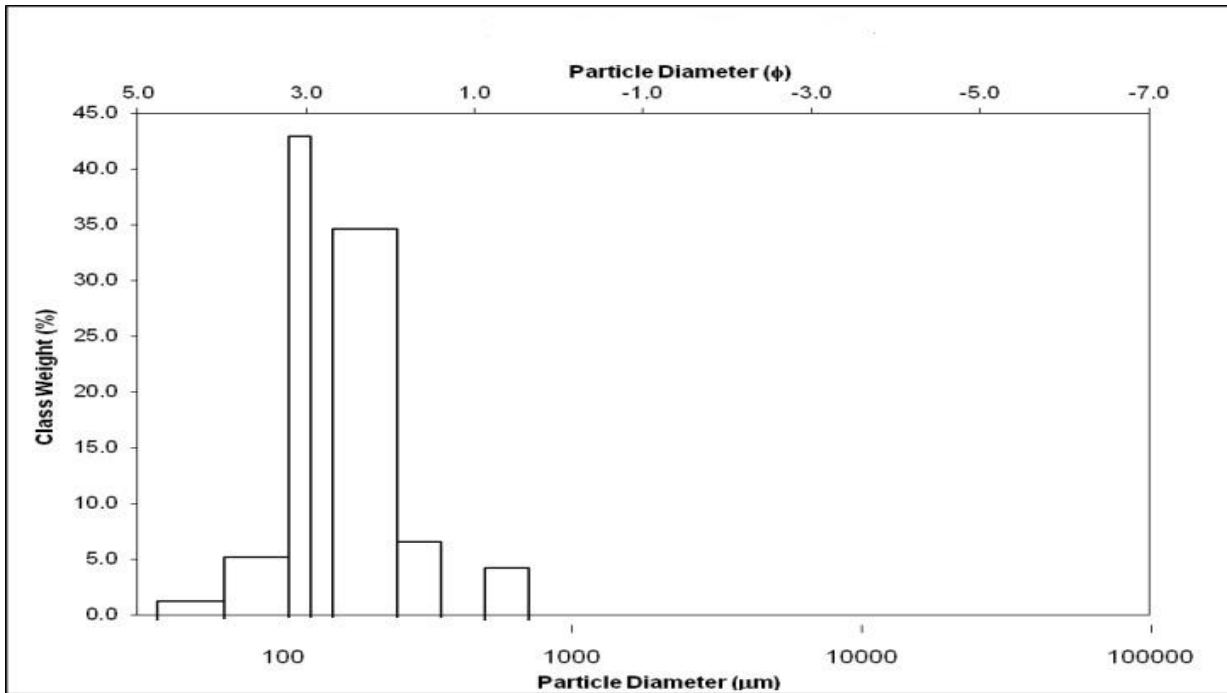
انواع مختلفی از پارامترها برای تمایز بین رسوبات مختلف مورد استفاده قرار می گیرند. مهندسی معمولاً از آماره-

جدول (۵): نتایج به دست آمده از برنامه گریداستات برای دانه بندی براساس دو واحد فی و میکرومتر

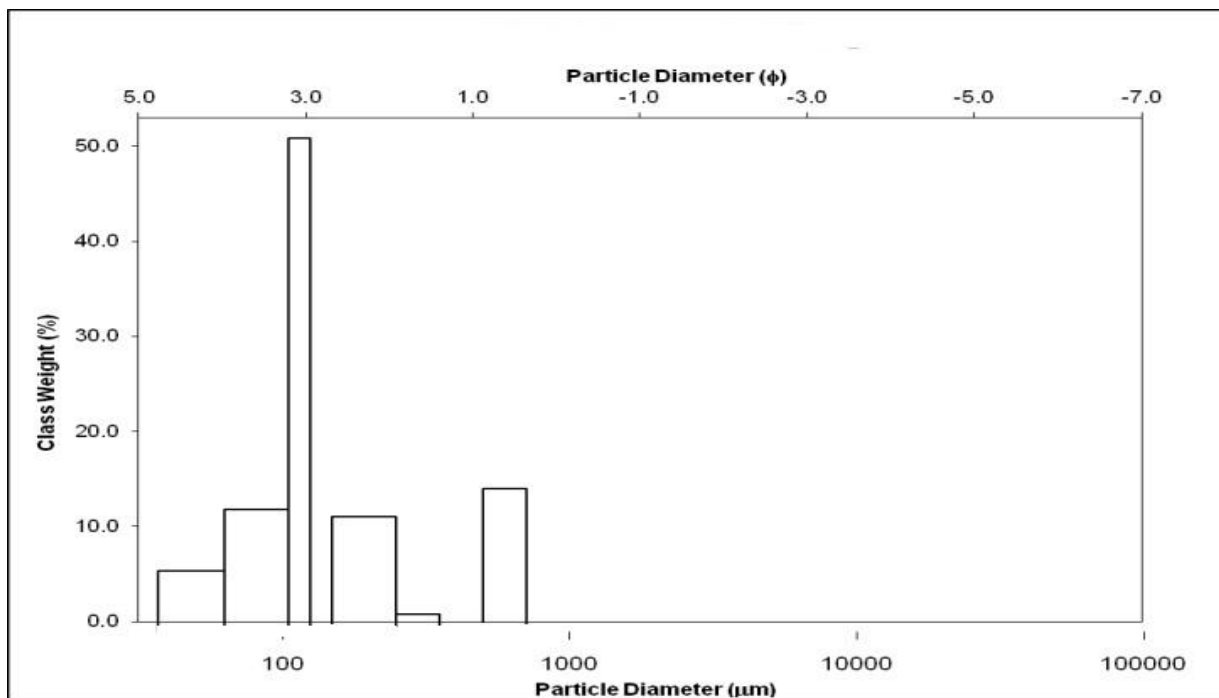
عمق	$D_{90}(\mu m)$	$D_{50}(\mu m)$	$D_{10}(\mu m)$	$D_{90}(\phi)$	$D_{50}(\phi)$	$D_{10}(\phi)$
صفر متری	۱۵۴/۳	۲۱۹/۲	۵۹۰/۳	۰/۷۶	۲/۱۹۰	۲/۶۹۶
۵ متری	۸۲/۱۶	۱۷۳/۷	۲۸۳/۶	۱/۸۱۸	۲/۵۲۵	۳/۶۰۵
۱۰ متری	۶۰/۰۲	۱۳۰/۵	۵۷۷	۰/۷۹۳	۲/۹۳۸	۰/۰۵۸
۱۵ متری	۶۷/۰۹	۱۳۷/۲	۵۴۲/۱	۰/۸۸۳	۲/۸۶۵	۳/۸۹۸
۲۰ متری	۱۰۸/۲	۱۷۶	۲۵۰	۲	۲/۵۰۶	۳/۲۰۸



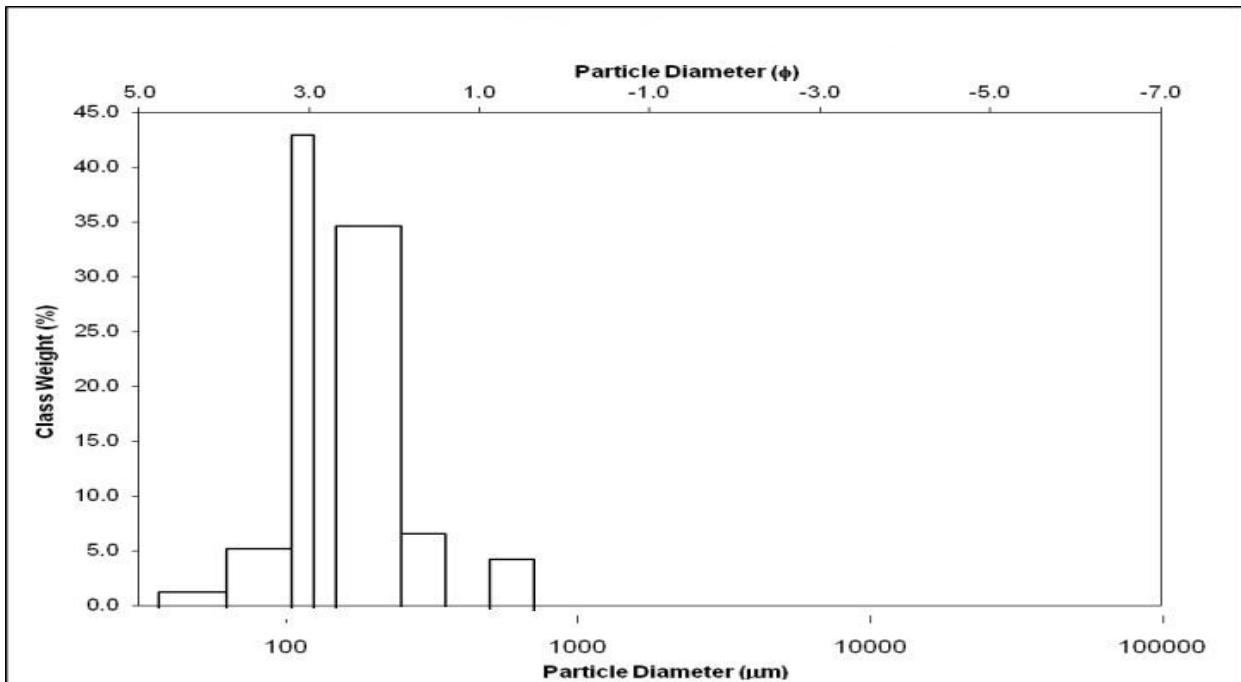
شکل (۳): توزیع دانه بندی رسوبات در خط ساحلی یا عمق صفر متری.



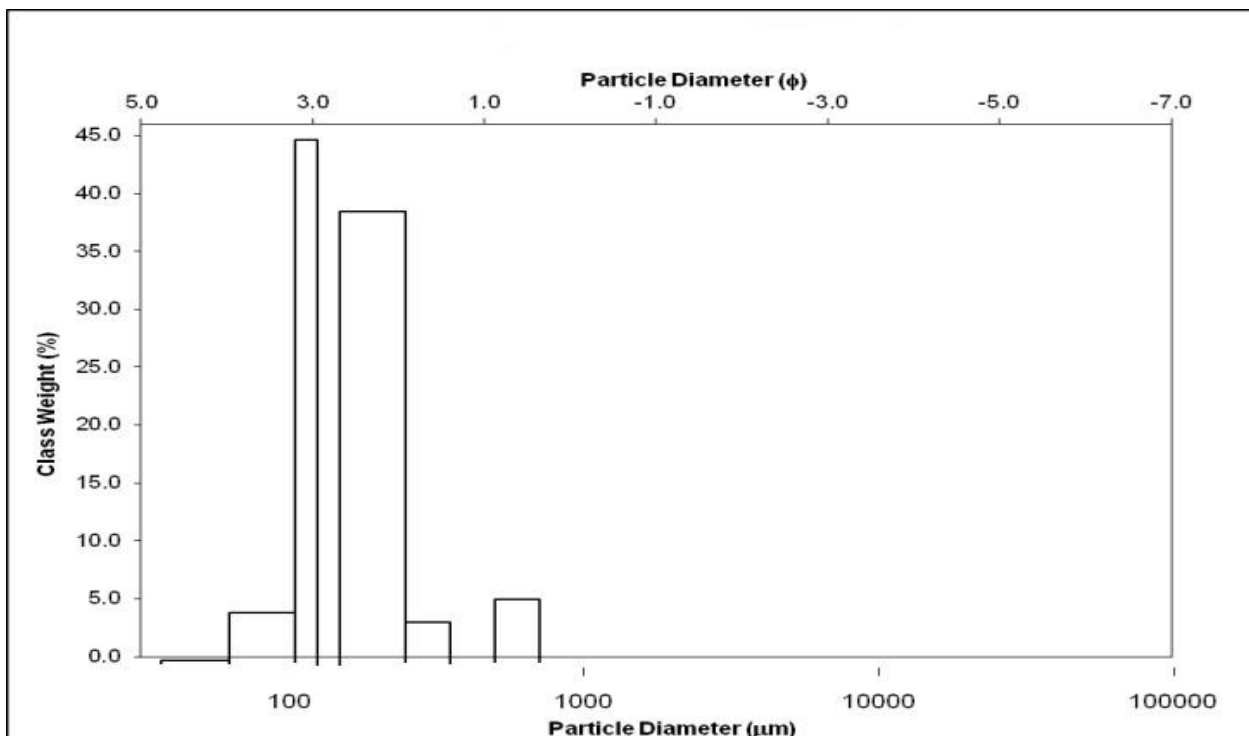
شکل (۴): توزیع دانه بندی رسوبات بستر در عمق ۵ متری.



شکل (۵): توزیع دانه بندی رسوبات بستر در عمق ۱۰ متری.



شکل(۶): توزیع دانه بندی رسوبات بستر در عمق ۱۵ متری.



شکل(۷): توزیع دانه بندی رسوبات بستر در عمق ۲۰ متری.

Processes and Landforms. 14, 157–166.1990.

[2] Folk, RL. Ward, WC. "Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters", Journal of Sedimentary Petrology. 27, 3-26, 1957.

[3] Friedman, GM. "Differences in size distributions of populations of particles

۵- منابع

[1] Bui, EN. Mazullo, J. Wilding, LP. "Using quartz grain size and shape analysis to distinguish between Aeolian and fluvial deposits in the Dallol Bosso of Niger (West Africa)", Earth Surface

- phi curve", *Journal of Sedimentary Petrology*. 8, 84-90. 1938.
- [16] McCammon, RB. "Efficiencies of percentile measures for describing the mean size and sorting of sedimentary particles", *Journal of Geology*. 70, 453-465. 1962.
- [17] Otto, GH. "A Modified logarithmic probability graph for the interpretation of mechanical analyses of sediments", *Journal of Sedimentary Petrology*. 9, 62-75. 1939.
- [18] Trask, PD. "Origin and Environment of Source Sediments of Petroleum". Gulf Publishing Company: Houston. 1932.
- [19] Kellerhals, R. Shaw, J. Arora, V.K. "On Grain Size from Thin Sections", *The Journal of Geology*. Vol. 83(1), 79-96. 1975.
- [20] Swan, D. Clague, J.J. Luternauer, J.L. "grain-size statistics i: evaluation of the folk and ward graphic measures", *journal of sedimentary petrology*. Vol. 48(3), 863-878. 1978.
- [21] Sun, D. Bloemendal, J. Rea, D .K. Vandenberghe, J. Jiang, F. An, Z. Su, R. "Grain-size distribution function of polymodal sediments in hydraulic and aeolian environments, and numerical partitioning of the sedimentary components". 2002.
- [22] Isphording, WC. "FORTRAN IV program for calculation of measures of central tendency and dispersion on IBM 360 computer", *Journal of Geology* .78, 626-628. 1970.
- [23] Slatt, RM. Press DE. "Computer program for presentation of grain-size data by the graphic method", *Sedimentology*. 23, 121-131. 1976.
- [24] Utke, A. "SediVision 2.0". Springer-Verlag: Heidelberg. 1997.
- [25] Folk, RL. "The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature", *Journal of Geology*. 62, 344-359. 1954.
- [۲۶] زرین کفش، خاک شناسی کاربردی ، انتشارات دانشگاه تهران ، تهران ، ۲۴۸ صفحه.
- among sands of various origins", *Sedimentology*. 26, 3-32, 1979.
- [۴] آزمون ساس، ع (۱۳۸۱): دینامیک ماسه های دریایی، دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس، ۲۶۶ ص .
- [4] McManus, J. "Grain size determination and interpretation", In *Techniques in Sedimentology*. Tucker M (Ed.). Blackwell: Oxford, 63-85, 1988.
- [5] Udden, JA. "Mechanical composition of clastic sediments", *Bulletin of the Geological Society of America*. 25: 655-744. 1914.
- [6] Wentworth, CK. "A scale of grade and class terms for clastic sediments", *Journal of Geology*. 30, 377-392. 1922.
- [7] Krumbein, WC. "Size frequency distributions of sediments", *Journal of Sedimentary Petrology*. 4, 65-77. 1934.
- [8] Middleton, GV "Hydraulic interpretation of sand size distributions", *Journal of Geology*. 84, 405-426. 1976.
- [9] Visher, GS. "Grain size distributions and depositional processes", *Journal of Sedimentary Petrology*, 39: 1074-1106, 1969.
- [10] Wyrwoll, KH, Smith, GK." On using the log-hyperbolic distribution to describe the textural characteristics of Aeolian sediments", *Journal of Sedimentary Petrology*. 55, 471-478. 1985.
- [11] Wyrwoll, KH. Smith GK. "On using the log-hyperbolic distribution to describe the textural characteristics of Aeolian sediments: reply", *Journal of Sedimentary Petrology*. 58, 161-162. 1988.
- [12] Friedman, GM, Johnson, KG, "Exercises in Sedimentology", Wiley: New York. 1982.
- [13] Krumbein, WC. Pettijohn, FJ, "Manual of Sedimentary Petrography", Appleton-Century-Crofts: New York. 1938.
- [14] Inman, DL. "Measures for describing the size distribution of sediments", *Journal of Sedimentary Petrology*. 22, 125-145. 1952.
- [15] Krumbein, WC, "Size frequency distribution of sediments and the normal