

بررسی اثر شکل دانه‌ها در منحنی دانه‌بندی به کمک پردازش تصویر

جمشید فرامرزی^{۱*}، ناصر حافظی مقدس^۲، محمود رضا گلزاریان^۳، محمد غفوری^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، faramarziJamshid@gmail.com

^۲ استاد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، nhafezi@um.ac.ir

^۳ استادیار گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد، m.golzarian@um.ac.ir

^۴ استاد زمین‌شناسی مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد، ghafoori@um.ac.ir

چکیده

منحنی دانه‌بندی خاک یکی از پرکاربردترین منحنی‌های موجود در مکانیک خاک به‌ویژه مهندسی خاک و پی است. یکی از فاکتورهای مؤثر در منحنی دانه‌بندی شکل دانه‌ها می‌باشد. در این پژوهش تغییرات شکل دانه‌های خاک و در نتیجه اثر آن بر روی منحنی دانه‌بندی حاصل از روش پردازش تصویر مورد ارزیابی قرار گرفته است. با تغییر شکل دانه‌ها از دانه‌های کاملاً مسطح تا کروی، به دلیل آنکه در روش پردازش تصویر سطح دانه‌ها قابل مشاهده است و برای به دست آوردن حجم قطر سوم دانه نیز نیاز است، منحنی دانه‌بندی تغییر کرده است. همچنین جهت صحت سنجی روش مذکور چندین نمونه از خاک با اشکال دانه‌ای مختلف تهیه و پس از استخراج منحنی دانه‌بندی با نتایج حاصل از روش پردازش تصویر مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت.

کلیدواژه‌ها: پردازش تصویر؛ منحنی دانه‌بندی؛ شکل دانه‌ها

مقدمه

در بسیاری از زمینه‌های علمی و بخش‌های صنعت نیاز به دانستن و آنالیز شکل ذرات می‌باشد. در حقیقت آنالیز ذرات بیان‌کننده دانه‌بندی، کرویت، قطر کوچک و بزرگ و حجم ذرات می‌باشد. روش‌های بسیاری برای بیان مشخصه‌های شکل ذرات استفاده شده است. برخی به بررسی خصوصیات کلی و برخی به مشخصه‌هایی جزئی‌تری از جسم می‌پردازند. بارت (Barret 1980) با استفاده از ویژگی گوشه‌دار بودن در مقابل مسطح بودن به معرفی شکل می‌پردازد. شکل‌شناسی در زمینه مکانیک خاک توسط کرامبین (Krumbein 1941) با مفهوم کرویت که برابر نسبت مساحت جسم به مساحت کوچکترین دایره‌ی محیط بر جسم است، بیان شد. برای مشاهده بهتر کروی بودن جسم ریتنهاس (Rittenhouse 1943) نمودار دو بعدی کرویت را معرفی کرد. همچنین مسطح بودن را ویدل (Wadell 1932) با توجه به نسبت انحنا‌ی گوشه‌های جسم به کل محیط بیان کرد. کرویت و مسطح بودن دو

تعریف کاملاً متفاوت از شکل شناسی می‌باشند. کرویت نزدیکی شکل به دایره را بیان می‌کند، و ارتباط مستقیمی با کشیدگی دارد. و هرچه شکل دارای دانه‌بندی کشیده‌تری باشد، کرویت کمتر است درحالی‌که مسطح بودن مربوط به بافت جسم و گوشه‌دار نبودن، می‌باشد. هرچه ذره مسطح‌تر باشد، صافی سطح بیشتر خواهد شد. مسطح بودن را می‌توان به صورت نسبت مجذور محیط به مساحت نیز بیان کرد. در این مقاله با استفاده از پردازش تصویر و به کمک نرم‌افزار ImageJ مشخصه‌های از قبیل کرویت و مسطح بودن و اثر آن بر منحنی دانه‌بندی مورد بررسی قرار گرفته است. و پس از استخراج منحنی دانه‌بندی با نتایج حاصل از روش آزمایشگاهی مقایسه شده است. به مجموعه عملیات و پردازش‌هایی که در راستای آنالیز تصویر در زمینه‌های مختلف انجام شده است، علم پردازش تصویر گویند (میرحسینی، ۱۳۹۰).

روش کار

آماده‌سازی و عکس‌برداری از نمونه‌ها

در این تحقیق از نمونه‌های شن و ماسه با اشکال کروی تا مسطح استفاده شده است. و به کمک دوربین دیجیتالی از نمونه‌ها عکس‌برداری شده است. نمونه‌ها را بر روی زمینه‌ای مات و سیاه (مقوای سیاه غیر روغنی) قرار دادیم. نمونه‌ها را طوری بر روی سطح مذکور می‌ریزیم که باهم هم‌پوشانی نداشته باشند چراکه در صورت هم‌پوشانی ذرات ریز در زیر ذرات درشت قرار گرفته و خطا ایجاد می‌کند. از یک خط کش به عنوان مقیاس استفاده شده است. با توجه به اینکه نور خورشید باعث ایجاد سایه در عکس و انعکاس در دوربین عکس‌برداری می‌گردد، در مطالعه حاضر عکس‌برداری در شرایط به‌دوراز تابش مستقیم نور خورشید صورت گرفت. در این تحقیق از دوربین دیجیتالی NIKON D 3200 با دقت پردازش 4000×6016 پیکسل استفاده شده است. در هنگام تصویربرداری دوربین عمود بر سطح نمونه‌ها و در فاصله مناسبی از نمونه‌ها باشد که بتواند کل نمونه را پوشش دهد، عکس تهیه شده به کمک نرم‌افزار آنالیز شده و در نهایت نمودار دانه‌بندی خاک با استفاده از نرم‌افزار برای ذرات با اشکال مختلف به دست آمده است.

استفاده از نرم‌افزار ImageJ در تجزیه و تحلیل تصاویر

نرم‌افزار ImageJ یک برنامه قدرتمند برای آنالیز تصاویر است و کاربردهای مختلفی دارد. ImageJ به انگلیسی مخفف واژه (Image Processing and Analysis in Java) نام نرم‌افزار که برای کاربردهای تشخیصی در فیزیک پزشکی ساخته شده است. این نرم‌افزار که توسط موسسات ملی بهداشت ایالات متحده آمریکا طراحی شده است بر روی پلاتفورم جاوا نوشته شده و استفاده بسیاری در تصویربرداری پزشکی دارد (National Institutes of Health, 2007) مورد استفاده این نرم‌افزار برای مهندسين به دست آوردن توزیع ذرات، اندازه‌گیری سایز دانه‌ها و بسیاری موارد دیگر باشد. با این نرم‌افزار می‌توان درصد فازها، تعداد ذرات و اندازه ذرات را محاسبه کرد. در زمین‌شناسی می‌توان به کمک این نرم‌افزار مساحت، محیط، قطر، کرویت، و سایر مشخصات هندسی را به دست آورد (María et al., 2013). جهت برآزش و استخراج دقیق قطر و مساحت دانه‌های موجود

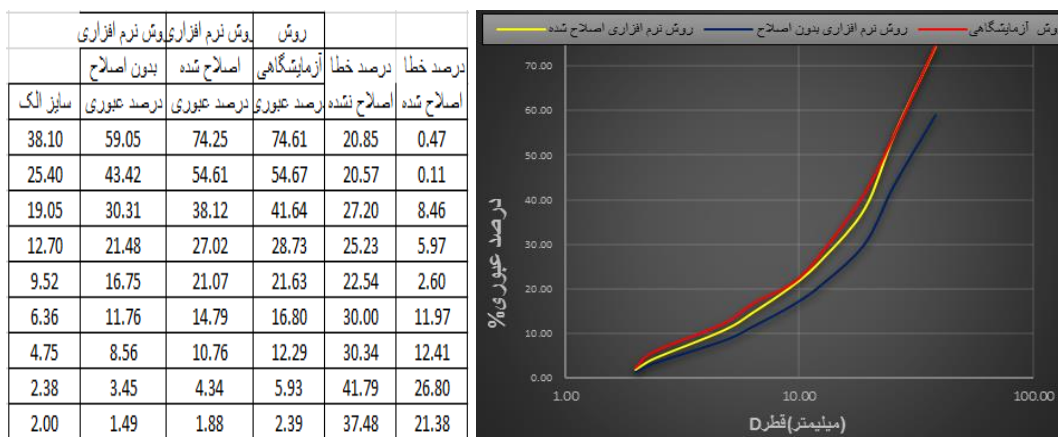
در تصاویر از دستورات متعددی در نرم افزار ImageJ استفاده به عمل می‌آید. برخی از این دستورات عبارت‌اند از: آشکارسازی لبه دانه‌های موجود در تصویر، کاهش نویزهای تصویر، مراحل کلی برازش و استخراج اطلاعات هندسی بر روی تصاویر تهیه‌شده از نمونه‌های خاک به شرح زیر می‌باشد:

۱. مقیاس دهی تصویر analyze→set scale
۲. تبدیل تصویر به تصویر خاکستری ۸ بیتی image→type→8-bit
۳. اعمال فیلتر median filter بر روی تصویر مرحله ۱ process→filters→median
۴. تصویر پس از اعمال فرایند آستانه image→adjust→threshold
۵. تصویر پس از اعمال الگوریتم morphological close and watershed process→binary→watershed
۶. تعیین متغیرهای مورد اندازه‌گیری Analyze → Set measurements

در پنجره باز شده (Set measurements) بنا بر اهداف پژوهش، متغیرهای مورد اندازه‌گیری را مشخص کرده و یک یا چند تا از آنها را تیک می‌زنیم. مهم‌ترین این متغیرها عبارت‌اند از: Area (مساحت دانه‌ها)، Perimeter (محیط دانه‌ها)، Fit ellipses (قطر کوچک و بزرگ دانه‌های خاک)، Ferets diameters (بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین فاصله بین دو صفحه موازی محاط بر ذره).

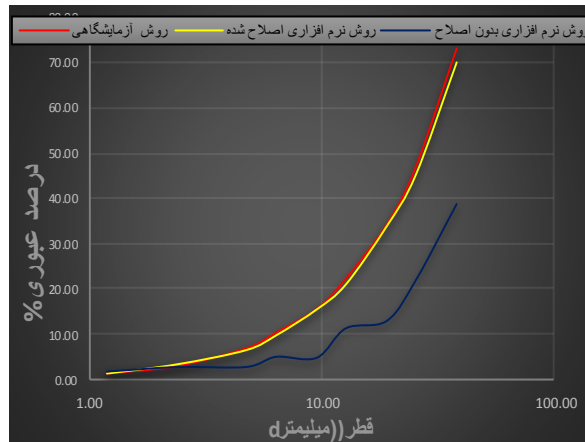
۷. آنالیز ذرات Analyze → Analyze Particles

در پنجره باز شده در قسمت Show گزینه Ellipses (بیضی هم مساحت با دانه) و گزینه‌های Display Summarize, Clear result, results را تیک می‌زنیم. در زیر نتایج حاصل از روش پردازش تصویر و آزمایشگاهی برای ذرات کاملاً مسطح (شکل ۱)، کروی (شکل ۳) و ترکیب مسطح و کروی (شکل ۲) آمده است.



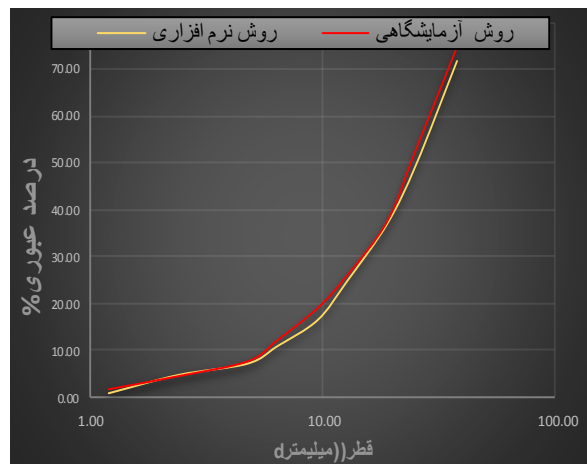
شکل ۱. مقایسه بین نتایج حاصل از روش آزمایشگاهی و پردازش تصویر در نمونه ۱

	روش نرم افزاری	روش نرم افزاری اصلاح شده	روش آزمایشگاهی	درصد خطا	درصد خطا
	اصلاح	اصلاح شده	اصلاح شده	اصلاح نشده	اصلاح شده
سایز الک	درصد عبوری	درصد عبوری	درصد عبوری	درصد عبوری	درصد عبوری
38.10	38.69	70.39	73.20	47.15	3.85
25.40	21.90	45.25	46.97	53.38	3.67
19.05	12.95	33.82	34.23	62.16	1.21
12.70	11.33	20.81	22.27	49.13	6.53
9.52	4.84	15.25	15.58	68.92	2.09
6.36	5.06	9.45	10.34	51.08	8.63
4.75	2.83	6.20	6.92	59.06	10.41
2.38	2.79	2.99	2.95	5.35	1.20
1.19	1.81	0.94	1.30	39.25	27.81

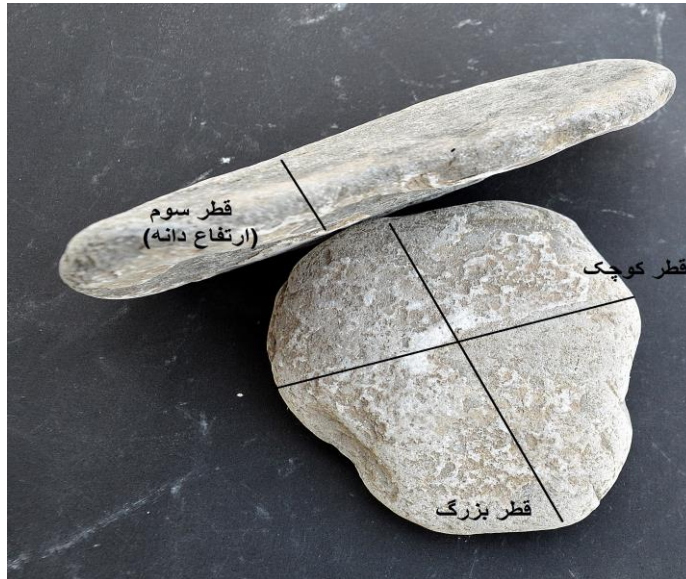


شکل ۲. مقایسه بین نتایج حاصل از روش آزمایشگاهی و پردازش تصویر در نمونه ۲

	روش نرم افزاری	روش آزمایشگاهی	درصد خطا
سایز الک	درصد عبوری	درصد عبوری	درصد عبوری
38.10	71.73	74.96	4.31
25.40	49.65	53.23	6.73
19.05	36.95	37.73	2.06
12.70	24.51	26.00	5.74
9.52	16.35	19.13	14.53
6.36	10.73	12.20	12.07
4.75	7.05	7.74	8.87
2.38	4.61	4.56	0.97
1.19	0.70	1.76	60.13



شکل ۳. مقایسه بین نتایج حاصل از روش آزمایشگاهی و پردازش تصویر در نمونه ۳



شکل ۴. نمایش قطرهای دانه

نتایج پردازش تصویر نشان داد که در نمونه‌های مسطح مقدار خطا برای دانه‌های بزرگ‌تر از الک ۳۸,۱)۱,۵ میلی‌متر) بسیار زیاد می‌باشد، به دلیل آنکه قطر سوم نمونه خیلی کوچک‌تر است. هنگام محاسبه برای به دست آوردن حجم دانه‌ها، سطح دانه‌های بزرگ‌تر از الک ۱,۵ را در نصف قطر کوچک همان دانه ضرب می‌کنیم، که پس‌از آن مشاهده می‌شود مقدار خطا کاهش می‌یابد (شکل ۱). برای دانه‌های ترکیبی کروی و مسطح نیز مقدار خطا برای دانه‌های بزرگ‌تر از الک ۳۸,۱)۱,۵ میلی‌متر) بسیار زیاد می‌باشد. پس در هنگام محاسبه حجم این دانه‌ها نیز سطح دانه‌های بزرگ‌تر از الک ۱,۵ را در ۰,۶۶ قطر کوچک همان دانه ضرب می‌کنیم. همان‌طور که نشان داده شده است، مقدار خطا خیلی کاهش می‌یابد (شکل ۲). در نمونه‌های کروی برای به دست آوردن حجم دانه، سطح هر دانه را در قطر کوچک همان دانه ضرب می‌کنیم (شکل ۳). در شکل ۴ قطرهای دانه نشان داده شده است.

نتیجه گیری

دانه بندی خاک های یکی از آزمایش های متداول مطالعات مهندسی می باشد. یکی از فاکتورهای موثر در منحنی دانه بندی شکل دانه ها می باشد. در این تحقیق با استفاده از تکنیک پردازش تصویر در محیط نرم افزار ImageJ اثر شکل دانه ها بر روی منحنی دانه بندی با تهیه تصویر از خاک، و انتقال چندین نمونه به آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پردازش تصویر نشان داد که در نمونه های مسطح و ترکیبی مسطح و گرد مقدار خطا برای دانه های بزرگ تر از الک ۱,۵ (۳۸,۱ میلی متر) بسیار زیاد می باشد، به دلیل آنکه قطر سوم دانه خیلی کوچک تر می باشد. و در هنگام محاسبه حجم این دانه ها مقدار حجم کمتری نسبت به دانه های کاملاً کروی به دست می آید، که این دردانه های بزرگ تر از الک ۱,۵ بیشتر اثر گذاشته است. با استفاده از پردازش بر روی نمونه های متعددی یک ضریب تصحیح برای این دانه ها پیشنهاد شده است که مقدار خطا را خیلی کاهش می دهد. ولی در نمونه های کروی برای به دست آوردن حجم دانه ها، سطح هر دانه را در قطر کوچک همان دانه ضرب می کنیم. به طور کلی روش پردازش تصویر برای خاک های کروی و درشت تر از الک شماره ۸ (۲,۳۸ میلی متر) با خطای تقریبی ۵ تا ۱۰ درصد نتایج قابل قبولی را ارائه می دهد.

منابع

۱- میرحسینی، ه.، ۱۳۹۰، پردازش تصویر در MATLAB، انتشارات بیژن یورد، ۲۳۱ص

References

- 1- Barrett, P. J. 1980 the shape of rock particle, a critical review. 27, 291-303.
- 2- Krumbein, W. C. 1941 Measurement and geological significance of shape and roudness of sedimentary particles. Journal of Sedimentary Petrology, 11, 64-72.
- 3- Rittenhouse, G. 1943 A visual method of estimating two dimensional sphericity. Journal of sedimentary Petrology, 13, 79-81.
- 4- Wadell, H. 1932 Volume, shape and roudness of rock particles. Journal of Geology, 40, 443-451.
- 5- María, J. Parez, M. Pascau, J. 2013. Image Processing with ImageJ, Community experience distilled, 140 pages.