

## تحلیل دقت دانه‌بندی رسوبات بستر با استفاده از پردازش تصاویر حاصل از دوربین‌های با قدرت تفکیک مختلف

سید حمیدرضا صادقی\*<sup>۱</sup> و سودابه قره‌محمودلی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> استاد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور و <sup>۲</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور

تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۵/۲۷

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۴/۰۵

### چکیده

آگاهی از دانه‌بندی مواد بستر رودخانه‌ای نقش مهمی در انجام مطالعات مربوط به سامان‌دهی و تحلیل رفتار رودخانه‌ها ایفا می‌کند. تفکیک‌های سنتی دانه‌بندی رسوبات بستر نیاز به هزینه، زمان و کار میدانی زیادی دارد. لذا استفاده از روش‌های جدید از جمله پردازش تصویر در مطالعات دانه‌بندی رسوبات بستر رودخانه امری ضروری است. از سویی، رعایت استانداردها امری لازم در نیل به اهداف متصور و همچنین، در توجیه به‌کارگیری روش‌های تفکیک جدید است. بر همین اساس قدرت تفکیک دوربین‌های مورد استفاده از استانداردهای مهم در پردازش تصویر است، حال آن‌که تاکنون اهمیت این موضوع مورد توجه قرار نگرفته است. از این‌رو، پژوهش حاضر با هدف تحلیل دقت دانه‌بندی رسوبات بستر با استفاده از پردازش تصاویر حاصل از دوربین‌های با قدرت تفکیک مختلف صورت گرفت. برای این منظور، تصویربرداری از رسوبات بستر با دوربین‌های با قدرت تفکیک متفاوت و همچنین، نمونه‌برداری مستقیم از رسوبات بستر انجام شد. در نهایت میزان دقت پردازش تصاویر هر یک از دوربین‌های مورد استفاده برای تحلیل توزیع رسوبات بستر از طریق مقایسه با نتایج حاصل از نمونه‌برداری مستقیم و روش الک، بررسی شد. نتایج نشان داد برای رسوبات دانه‌درشت، پردازش تصاویر دوربین با قدرت تفکیک ۱۰ و ۳ مگاپیکسل به‌ترتیب با ضریب هم‌بستگی ۰/۶۵ و ۰/۵۱- بیشترین و کمترین میزان تطابق با روش الک کردن را داشتند. همچنین، برای رسوبات ریزدانه نیز پردازش تصاویر دوربین‌های با قدرت تفکیک ۱۶ و ۱۸ مگاپیکسل به‌ترتیب با ضریب هم‌بستگی ۰/۸۸ و ۰/۶۹ به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان تطابق با روش الک را ارائه دادند. در مجموع نتایج حاکی از آن بود که مناسب‌ترین دوربین برای تصویربرداری برای اهداف پردازش تصویر رسوبات دانه‌درشت و ریزدانه در بازه‌ی با قدرت تفکیک ۱۰ تا ۱۶ مگاپیکسل بود. بر اساس نتایج، دامنه قطری رسوبات دانه‌درشت از ۱۰ تا ۱۰۷ میلی‌متر با بیشترین و کمترین انحراف معیار و نما به‌ترتیب ۹۸/۴۵۵، ۸۹/۷ و ۲۱ و ۱۴ میلی‌متر، همچنین، دامنه قطری رسوبات ریزدانه از ۱۰ تا ۵۷ میلی‌متر با بیشترین و کمترین انحراف معیار و نما به‌ترتیب ۳۳/۱۴۳، ۱۷/۱۰ و ۴۸ و ۱۲ میلی‌متر به‌دست آمد.

**واژه‌های کلیدی:** دانه‌بندی ذرات، روش غیرمستقیم اندازه‌گیری، قدرت تفکیک دوربین، مطالعات رسوبات

غیریک‌نواخت تشکیل و در قسمت‌های مختلف آن  
پراکنده شده‌اند. کمی‌سازی توزیع اندازه ذرات درشت

مقدمه

بستر شنی کانال‌های طبیعی از ذرات ناهمگن و

AGS<sup>3</sup> (Kuhns و Strom, ۲۰۰۷) و Image-ز<sup>۴</sup> (مؤسسه بهداشت ایالات متحده آمریکا، ۲۰۰۷) اشاره نمود. استفاده از روش‌های پردازش تصاویر، شناسایی، اندازه‌گیری، تحلیل و تعیین توزیع مکانی ذرات را تسهیل می‌کند. همچنین، از مزایای دیگر استفاده از پردازش تصویر به ارائه اطلاعات دقیق از مناطق کوچک و تعمیم نمونه‌ها به مناطق بزرگ‌تر و همچنین اندازه‌گیری آسان، راحت و کم هزینه ذرات رسوبی مناطق غیر قابل دسترس بدون آسیب به سطح مورد مطالعه می‌باشد. از سویی، ضرورت انتقال هزینه‌مند و بعضاً غیر ممکن نمونه‌های رسوبی از محل مورد نظر به آزمایشگاه و یا مراکز مطالعات را منتفی می‌کند. از آنجایی که کاربرد چنین روش‌ها و نرم‌افزارهایی نیاز به تصویربرداری از مقاطع مورد مطالعه برای پردازش و تحلیل‌های مورد نظر است، لذا از دوربین‌های تصویربرداری استفاده می‌شود. بر همین اساس، قدرت تفکیک تصاویر برداشته شده از مقاطع مورد نظر و پردازش شده در محیط نرم‌افزارها از اهمیت بالایی برخوردار است که به این سبب دقت در انتخاب و استفاده از دوربین‌های تصویربرداری با مشخصه‌ی مذکور دارای اهمیت ویژه‌ای است. انتخاب دوربین تصویربرداری با قدرت تفکیک مناسب در بحث پردازش تصویر به منظور تعیین و تحلیل درست و با دقت بالایی توزیع فضایی و مکانی اندازه ذرات رسوبات بستری رودخانه‌ها اهمیت زیادی دارد. در زمینه استفاده از روش پردازش تصویر به منظور تحلیل توزیع ذرات رسوبی بستر و مؤلفه‌های مرتبط با آن مطالعات محدودی صورت گرفته است. Graham و همکاران (۲۰۰۵) به منظور بررسی دقت روش پردازش تصویر برای بررسی مؤلفه‌های رسوبات بستری، ۳۹ نمونه اندازه‌گیری و تصویربرداری شده از بستر سه رودخانه در انگلیس را مورد بررسی قرار دادند. نتایج ایشان حاکی از آن بود که روش پردازش تصویر در سطح اعتماد پنج درصد دارای دقت مناسبی بود. Buscombe و Masselink (۲۰۰۹) به منظور شبیه‌سازی فرآیند رسوب‌گذاری در بستر رودخانه‌ها در

رودخانه یک چالش بزرگ در مطالعات رفتار کانال رودخانه در هیدرولیک، ژئومورفولوژی و محیط‌زیست است (Chang و Chung, ۲۰۱۲).

خصوصیات مختلف شکل، ابعاد و پارامترهای آماری رسوبات بستر مستقیماً منعکس‌کننده شرایط گذشته حاکم بر آن‌ها هستند (Williams, ۱۹۸۳). اندازه ذرات یک عامل مهم در تعیین نحوه انتقال ذرات رسوب است (Parker, ۱۹۹۱; Rice, ۱۹۹۹; Buscombe و Masselink, ۲۰۰۹).

اندازه‌گیری توزیع اندازه ذرات کار پیچیده‌ای است. عدم وجود آمار و اطلاعات دقیق و کافی در خصوص رسوبات حمل شده به وسیله جریان‌های آب رودخانه، منجر به ارزیابی‌های صرفاً کیفی در رابطه با حفاظت آب و خاک می‌شود که پیامدهایی از قبیل طراحی-های دست بالا و دست پایین را به دنبال داشته، در هر دو صورت موجب اتلاف سرمایه‌های پولی و زمانی می‌شود (Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۷).

از سویی، قدرت تفکیک فضایی و زمانی خصوصیات سطحی اندازه ذرات به واسطه محدودیت-های موجود در روش‌های سنتی در حد قابل قبول نیست (Graham و همکاران، ۲۰۰۵). معایب مطالعات سنتی، زمان و هزینه بالا و همچنین ضرورت برداشت رسوب از محیط طبیعی است که باعث برهم زدن بستر رسوبی شده، تغییراتی را در سامانه منطقه به وجود می‌آورد. به همین دلیل، امروزه محققین درصدد ارائه روش‌های جدید و به مراتب ساده‌تر، سریع‌تر و ارزان‌تر به منظور دانه‌بندی رسوبات هستند از جمله چنین روش‌هایی می‌توان به روش پردازش تصویر<sup>۱</sup> اشاره نمود (Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۹). پردازش تصویر مبتنی بر یک روش بسیار ساده برای اندازه-گیری رسوبات بستری به منظور به کمینه رساندن خطاها در توزیع اندازه ذرات است (Graham و همکاران، ۲۰۰۵).

ابزارها و نرم‌افزارهای متعددی به منظور پردازش تصویر به همراه روش‌های منحصر برای دانه‌بندی رسوبات ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به نرم‌افزارهای GIAS<sup>۲</sup> (Hamilton و Beggan, ۲۰۱۰)،

<sup>3</sup> Automated Grain Sizing

<sup>4</sup> Image Processing and Analysis in Java

<sup>1</sup> Image Processing

<sup>2</sup> Geological Image Analysis Software

مورد استفاده آن‌ها صورت نگرفته است. از این‌رو، تحقیق حاضر با هدف تحلیل دقت دانه‌بندی رسوبات بستر با استفاده از پردازش تصاویر حاصل از دوربین‌های با قدرت تفکیک مختلف انجام شد. در همین فرآیند مقایسه نتایج پردازش تصویر با استفاده از تصاویر هر یک از دوربین‌ها با قدرت تفکیک مشخص با نتایج اندازه‌گیری‌های مستقیم و انتخاب مناسب‌ترین قدرت تفکیک برای تهیه تصاویر به‌منظور بکارگیری در امر پردازش تصاویر رسوبات بستری مد نظر قرار گرفت. همچنین، در این پژوهش، برای تعیین و تحلیل توزیع ذرات رسوبات بستری از نرم‌افزار GIAS به‌سبب سرعت و دقت بالا در پردازش تصویر استفاده شد.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور دستیابی به برآورد دقیق از توزیع اندازه ذرات با استفاده از نرم‌افزار GIAS-v.1 و برای بیان عکس‌العمل آن، از دو نمونه رسوبات بستری ریز و درشت‌دانه با ویژگی‌های ظاهری متنوع، جورشدگی و اندازه ذرات متفاوت و بیان‌گر وضعیت هندسی و ریخت‌سنجی رسوبات بستر استفاده شد.

نرم‌افزار GIAS ترکیبی جدید از ابزارهایی است که مساحت، شعاع، فراوانی، میانگین، مد، کشیدگی، چولگی، انحراف معیار، کمینه و بیشینه قطر ذرات رسوبات بستر را با سرعت و دقت بالا محاسبه می‌کند. همچنین، شکل هیستوگرام، قرینگی، توزیع فراوانی، برای قرارگیری، محیط و مساحت را نمایش داده، خصوصیات دانه‌بندی ذرات محاسبه شده در نرم‌افزار GIAS به‌صورت جداگانه در محیط Excel ۲۰۱۰ ذخیره می‌شود (Beggan و Hamilton، ۲۰۱۰). نرم‌افزار مربوط از طریق درگاه زیر به صورت رایگان قابل دسترس است (<http://www.geoanalysis.org>). نمایی از خروجی حاصل از نرم‌افزار GIAS در شکل ۱ نشان داده شده است.

همچنین، برای تهیه تصاویر، شش دوربین عکس‌برداری در دسترس با قدرت تفکیک سه، هفت، ۱۰، ۱۲، ۱۶ و ۱۸ مگاپیکسل انتخاب و تهیه شد. سپس، تصاویر نمونه‌های رسوبی با استفاده از سه پایه استاندارد ثابت در فاصله مشخص و پلات ۴۰ در ۴۰

انگلیس دو روش مدل‌سازی عددی و استفاده از پردازش تصویر را با داده‌های مشاهداتی مورد مقایسه قرار دادند. آن‌ها نیز نتایج حاصل از پردازش تصویر را مناسب‌تر از مدل‌سازی عددی دانستند. همچنین، Chang و Chung (۲۰۱۲) به بررسی برآورد توزیع اندازه ذرات بستر رودخانه با استفاده از روش پردازش تصویر در رودخانه Jing-Mei در تایوان پرداختند. این مطالعه بر مبنای استفاده از روش I-FM<sup>۱</sup> و به‌صورت ترکیبی از FPCNN<sup>۲</sup> و آستانه چند سطحی<sup>۳</sup> انجام شد. در این روش از پردازش تصویر برای استخراج خودکار توزیع اندازه ذرات بر اساس عکس‌های دیجیتال گرفته شده از بستر رودخانه استوار بوده است. آن‌ها نتایج بسیار رضایت‌بخشی تری را در برآورد میزان شن و ماسه و صدک‌های توزیع اندازه ذرات با استفاده از روش پردازش تصویر روش I-FM، در مقایسه با سایر روش‌های پردازش تصویر و روش‌های دستی ارائه شده به‌دست آوردند.

در ایران نیز تنها Sadeghi و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی روی امکان‌سنجی کاربرد پردازش تصویر در دانه‌بندی رسوبات و بررسی کارایی آن از طریق مقایسه نتایج با روش دانه‌بندی با استفاده از الک به این نتیجه رسیدند که هر چه اندازه مواد تشکیل دهنده نمونه‌ها بزرگ‌تر باشد، دقت روش پردازش تصویر در تخمین نزدیک به واقعیت آن دامنه بیش‌تر می‌شود. همچنین، دقت و کارایی روش غیرمستقیم پردازش تصویر برای دانه‌بندی رسوبات به دامنه قطری مورد بررسی و دوربین مورد استفاده بستگی داشت.

بر اساس نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در مناطق مختلف استفاده از روش‌های غیرمستقیم از جمله پردازش تصویر دارای دقت قابل قبول در مقایسه با روش‌های اندازه‌گیری مستقیم بوده است. از طرفی رعایت نوع و فرآیند دقیق عکس‌برداری و شیوه‌های مستقیم مورد تأکید قرار گرفته است. لیکن تحقیق مدون و کامل در رابطه با اهمیت نوع و قدرت تفکیک دوربین‌های مورد استفاده و حتی گزارش انواع دوربین

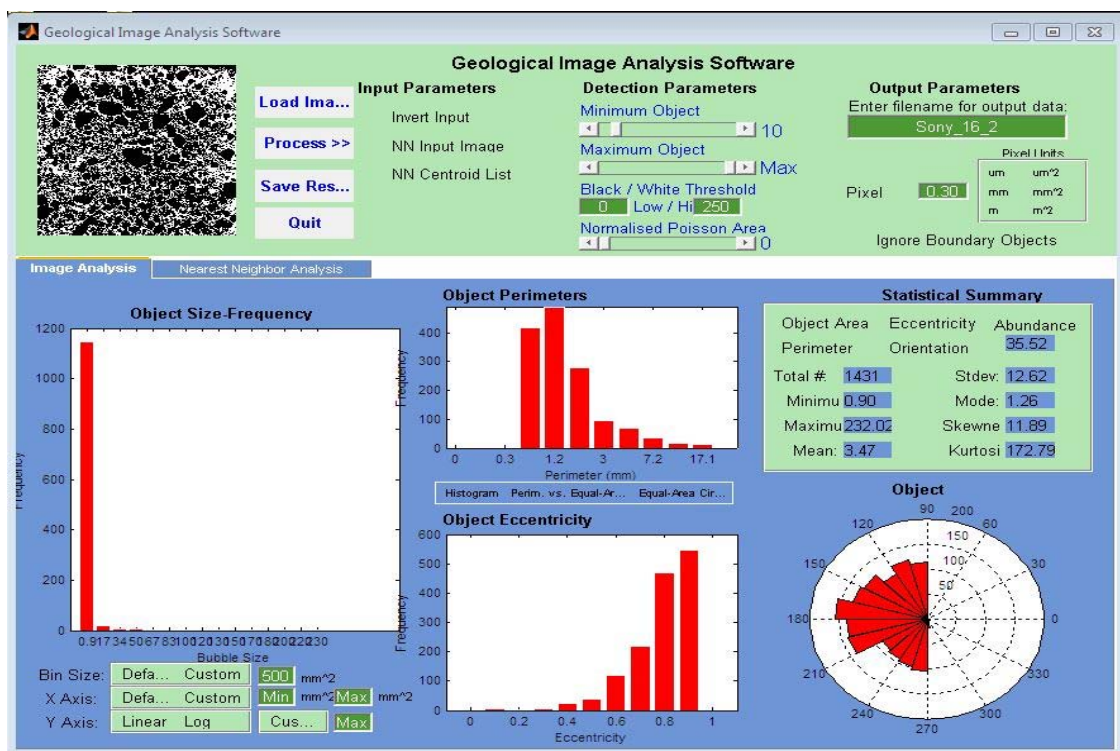
<sup>1</sup> Image Processing- FPCNN Multilevel Thresholding

<sup>2</sup> Feedback Pulse Couple Neural Network

<sup>3</sup> Multilevel Thresholding

بررسی به‌منظور مقایسه نتایج پردازش تصویر با قدرت‌های مختلف تفکیک، رسوبات نمایان سطحی در کرت مورد مطالعه برداشت و به‌منظور دانه‌بندی به شیوه‌های سنتی و اندازه‌گیری مستقیم با الک‌های استاندارد به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه تصاویر رسوبات درشت و ریز دانه (Blott و Pye، ۲۰۰۱) به‌دست آمده در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده است.

سانتی‌متری به‌صورت کاملاً عمودی (Sadeghi و همکاران، ۲۰۰۹) اقدام به عکس‌برداری در ساعت ۹ تا ۱۱ صبح به سبب وجود نور متعادل از فاصله معین و ثابت از رسوبات بستر ریز و درشت‌دانه بخش ساحلی بازسازی شده دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس واقع در شهرستان نور با استفاده از دوربین‌های مورد نظر تهیه شد. پس از پایان یافتن عکس‌برداری برای اندازه‌گیری مستقیم مؤلفه‌های مورد



شکل ۱- نمایشی از خروجی حاصل از تجزیه و تحلیل تصویر نمونه‌های مطالعاتی در محیط نرم‌افزار GIAS

متفاوت در نظر گرفته شدند. در تصاویر پردازش شده در نرم‌افزار GIAS، پیکسل‌های تیره (با مقدار صفر) به‌عنوان اشیاء مورد نظر (سنگ) و پیکسل‌های سفید (با مقدار ۲۵۵) بخشی از پس‌زمینه (آب، خاک، گل و لای) مد نظر قرار گرفتند (Beggan و Hamilton، ۲۰۱۰). تصاویر رسوبات ریز و درشت‌دانه در شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده است. در نهایت مقایسه آماری لازم پس از دانه‌بندی نمونه‌های رسوبات ریز و درشت‌دانه بستر با نرم‌افزار GIAS و استفاده از روش سری الک‌ها، بر اساس تعداد ذرات رسوبی با استفاده از ماتریس هم‌بستگی با کمک نرم‌افزار SPSS 19 مقایسه شدند.

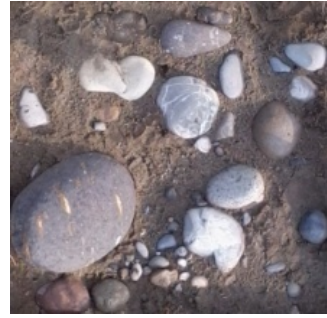
از آن‌جایی که مهم‌ترین اصل در نرم‌افزار GIAS بر تصویر استوار است، بنابراین ویرایش آماده‌سازی لازم برای ورود به نرم‌افزار انجام شد. بر همین اساس تصاویر ورودی به نرم‌افزار نیاز به ویرایش و آماده‌سازی دارند. تصاویر مورد نظر به‌صورت مربع، بدون وجود پوشش گیاهی، سایه و یا اشیاء دیگر پردازش و با فرمت JPEG برای ورود به محیط نرم‌افزار GIAS آماده شدند (Beggan و Hamilton، ۲۰۱۰). شکل‌های ۴ و ۵ مراحل آماده‌سازی تصاویر رسوبات ریز و درشت‌دانه با قدرت تفکیک متفاوت را نشان می‌دهد. بر همین منوال تصاویر ورودی با فرمت هشت بیتی با حجم اولیه، در مقیاس خاکستری (صفر تا ۲۵۵) و قدرت تفکیک



۱۰ (۹۵۰×۹۵۰)



۷ (۸۸۰×۸۸۰)



۳ (۵۵۰×۵۵۰)



۱۸ (۲۴۰۰×۲۴۰۰)



۱۶ (۱۳۰۰×۱۳۰۰)

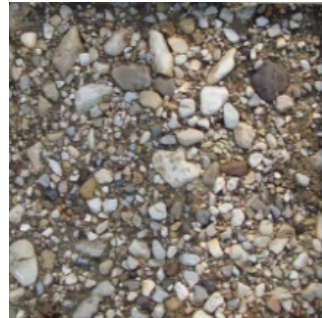


۱۲ (۱۰۵۰×۱۰۵۰)

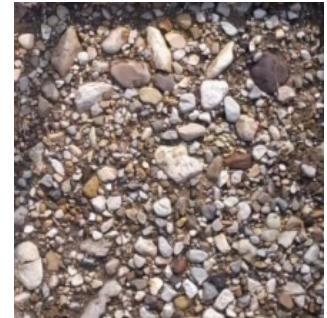
شکل ۲- نمونه تصاویر رسوبات درشتدانه تهیه شده از پلات‌های ۴۰ در ۴۰ سانتی‌متری با استفاده از دوربین‌ها با قدرت تفکیک متفاوت (بر حسب مگاپیکسل و تعداد پیکس‌ها)



۱۰ (۹۵۰×۹۵۰)



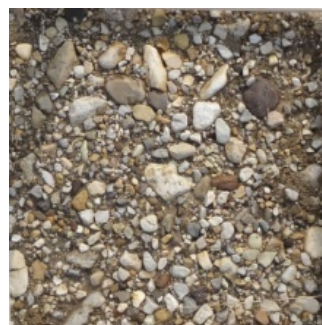
۷ (۸۸۰×۸۸۰)



۳ (۵۵۰×۵۵۰)



۱۸ (۲۴۰۰×۲۴۰۰)

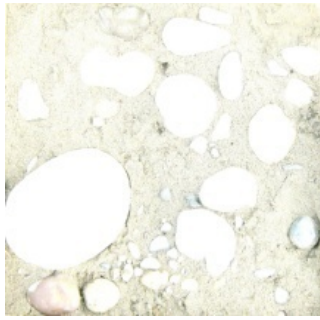


۱۶ (۱۳۰۰×۱۳۰۰)

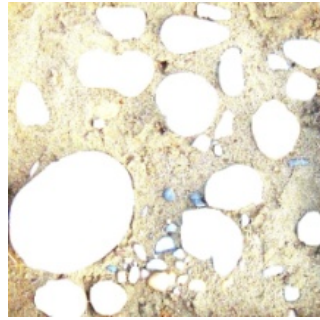


۱۲ (۱۰۵۰×۱۰۵۰)

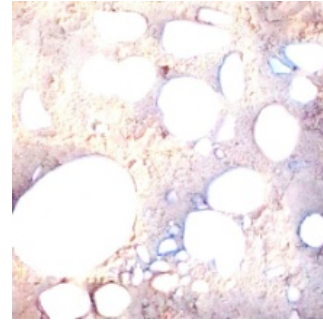
شکل ۳- نمونه تصاویر رسوبات ریزدانه تهیه شده از پلات‌های ۴۰ در ۴۰ سانتی‌متری با استفاده از دوربین‌ها با قدرت تفکیک متفاوت (بر حسب مگاپیکسل و تعداد پیکس‌ها)



۱۰ (۹۵۰×۹۵۰)



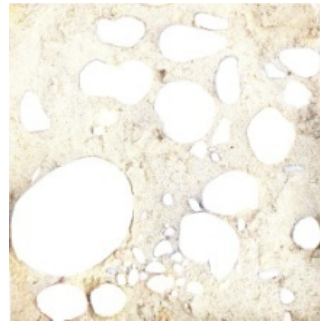
۷ (۸۸۰×۸۸۰)



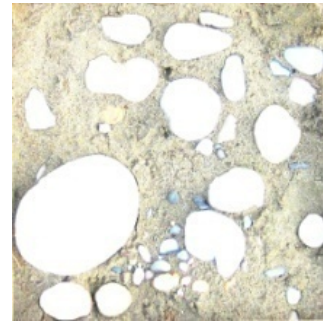
۳ (۵۵۰×۵۵۰)



۱۸ (۲۴۰۰×۲۴۰۰)

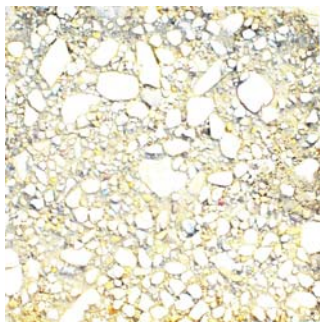


۱۶ (۱۳۰۰×۱۳۰۰)

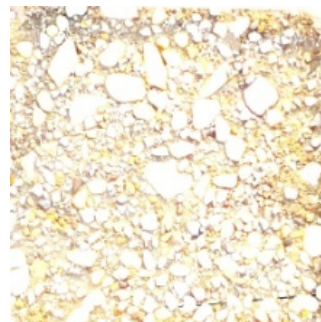


۱۲ (۱۰۵۰×۱۰۵۰)

شکل ۴- تصاویر آماده شده رسوبات درشت‌دانه از پلات‌های ۴۰ در ۴۰ سانتی‌متری برای ورود به نرم‌افزار GIAS (بر حسب مگاپیکسل و تعداد پیکس‌ها)



۱۰ (۹۵۰×۹۵۰)



۷ (۸۸۰×۸۸۰)



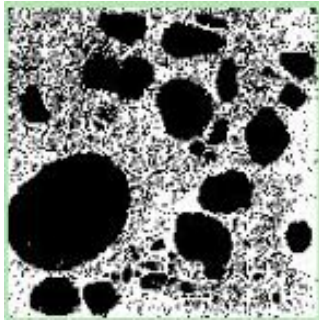
۳ (۵۵۰×۵۵۰)

۱۸ (۲۴۰۰×۲۴۰۰)

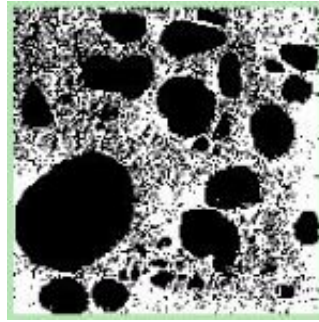
۱۶ (۱۳۰۰×۱۳۰۰)

۱۲ (۱۰۵۰×۱۰۵۰)

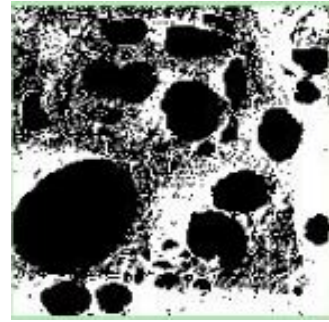
شکل ۵- تصاویر آماده شده رسوبات ریزدانه از پلات‌های ۴۰ در ۴۰ سانتی‌متری برای ورود به نرم‌افزار GIAS (بر حسب مگاپیکسل و تعداد پیکس‌ها)



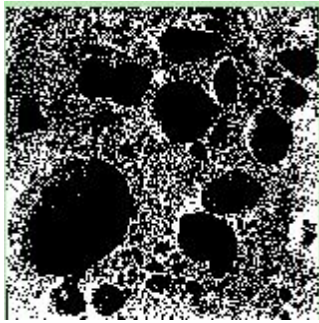
۱۰ (۹۵۰×۹۵۰)



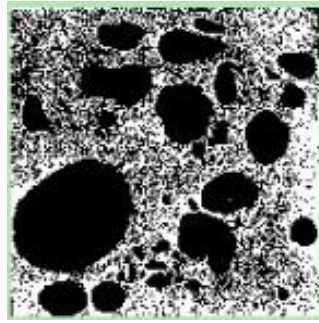
۷ (۸۸۰×۸۸۰)



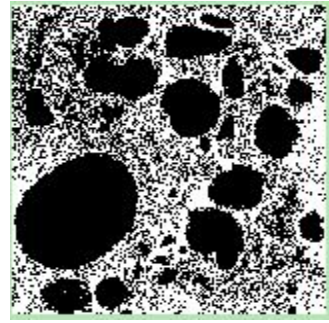
۳ (۵۵۰×۵۵۰)



۱۸ (۲۴۰۰×۲۴۰۰)

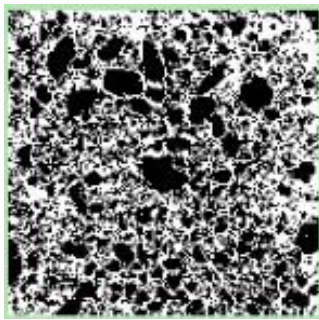


۱۶ (۱۳۰۰×۱۳۰۰)

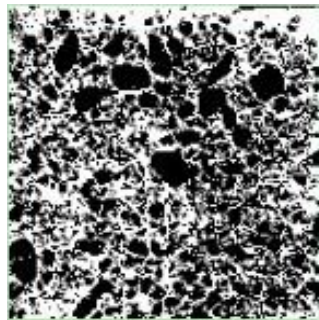


۱۲ (۱۰۵۰×۱۰۵۰)

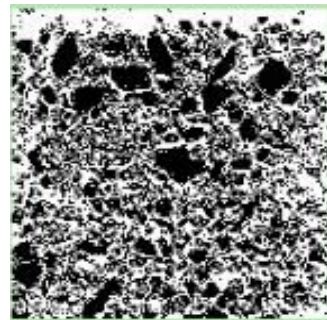
شکل ۶- نتایج به دست آمده از نرم افزار GIAS روی تصاویر تهیه شده از پلات‌های ۴۰ در ۴۰ سانتی متری از رسوبات درشت دانه (بر حسب مگاپیکسل و تعداد پیکس‌ها)



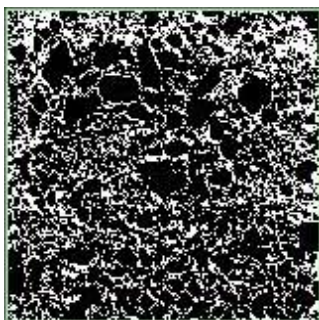
۱۰ (۹۵۰×۹۵۰)



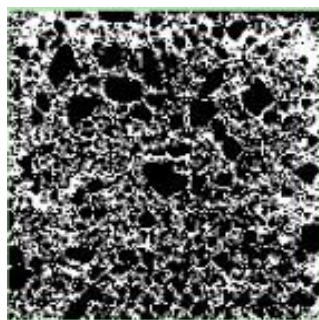
۷ (۸۸۰×۸۸۰)



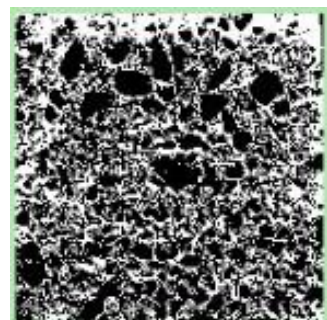
۳ (۵۵۰×۵۵۰)



۱۸ (۲۴۰۰×۲۴۰۰)



۱۶ (۱۳۰۰×۱۳۰۰)



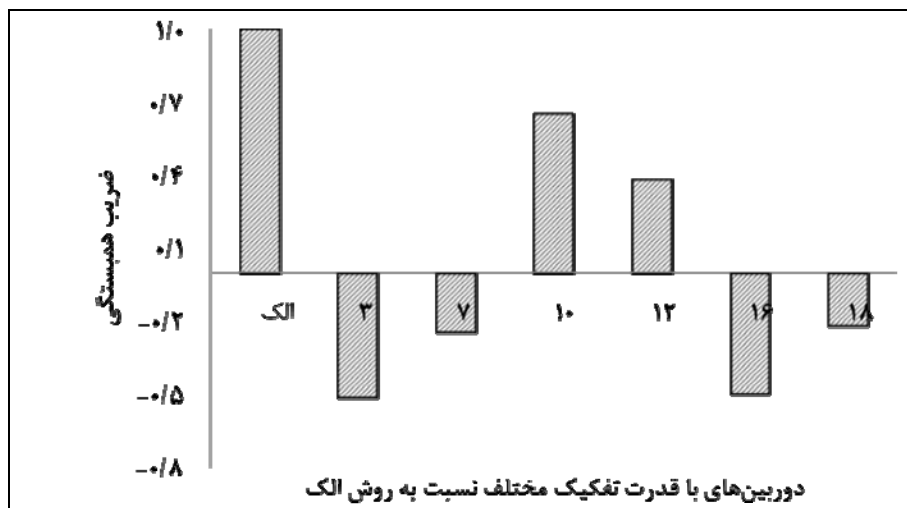
۱۲ (۱۰۵۰×۱۰۵۰)

شکل ۷- نتایج به دست آمده از نرم افزار GIAS روی تصاویر تهیه شده از پلات‌های ۴۰ در ۴۰ سانتی متری از رسوبات ریزدانه

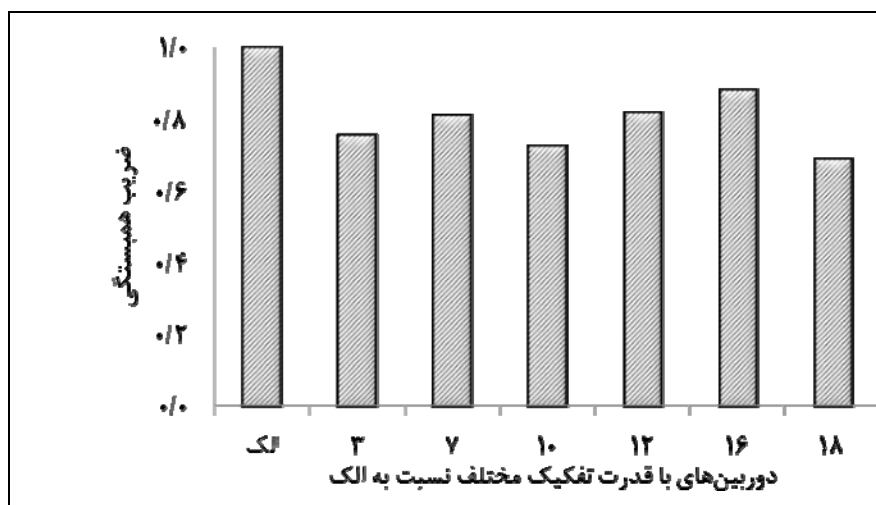
### نتایج و بحث

پس از انجام دانه‌بندی بین رسوبات ریز و درشت بستر با دوربین‌های با قدرت تفکیک متفاوت سه، هفت، ۱۰، ۱۲، ۱۶، ۱۸ مگاپیکسل با نرم‌افزار GIAS و روش سری ال‌ک‌ها، شکل ماتریس هم‌بستگی بین تعداد ذرات رسوبی حاصل از دو روش برای رسوبات ریز و درشت دانه در شکل‌های ۸ و ۹ ارائه شده است. با توجه به شکل ۸ استنباط می‌شود که برای ذرات درشت پردازش تصاویر دوربین با قدرت تفکیک ۱۰ مگاپیکسل با مقدار هم‌بستگی ۰/۶۵ و دوربین با قدرت تفکیک ۱۲ مگاپیکسل با مقدار ۰/۳۸ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان هم‌بستگی را با دانه‌بندی با روش ال‌ک دارد. با این وجود نتایج دوربین با قدرت تفکیک سه مگاپیکسل علی‌رغم ضریب هم‌بستگی

نسبتاً بالا ( $r=-0/51$ )، به‌لحاظ دارا بودن ضریب هم‌بستگی منفی تبیین‌کننده ارتباط غیر منطقی و معکوس است. همچنین، دوربین‌های با قدرت تفکیک هفت، ۱۶ و ۱۸ مگاپیکسل نیز هم‌بستگی کمی با مقادیر واقعی داشتند. در حالی‌که پردازش تصاویر دوربین با قدرت تفکیک ۱۲ مگاپیکسل با میزان هم‌بستگی ۰/۳۸ هم‌بستگی نسبتاً قابل قبولی ( $p < 0/05$ ) با دانه‌بندی به روش ال‌ک داشت. بنابراین مجموع نتایج و تحلیل‌ها حاکی از آن است که دوربین‌های با قدرت تفکیک متوسط (بین ۱۰ تا ۱۲ مگاپیکسل) نسبت به دوربین‌های با قدرت تفکیک بسیار بالا و پایین نتایج قابل قبولی را برای بررسی توزیع ذرات درشت دانه ارائه می‌دهند.



شکل ۸- هم‌بستگی بین نتایج حاصل از دوربین‌ها با قدرت تفکیک متفاوت و روش ال‌ک برای ذرات درشت



شکل ۹- هم‌بستگی بین نتایج حاصل از دوربین‌ها با قدرت تفکیک متفاوت و روش ال‌ک برای ذرات ریز



به دست آمد. اگرچه بخشی از کاهش دقت تحلیل‌ها را نیز می‌توان به دلایل تغییر شدت نور و سایه‌های احتمالی ایجاد شده حین تصویربرداری و همچنین روش آماده‌سازی تصاویر نسبت داد.

پژوهش حاضر با هدف تحلیل دقت دانه‌بندی رسوبات بستر با استفاده از پردازش تصاویر حاصل از دوربین‌های با قدرت تفکیک مختلف انجام شد. به استناد نتایج به دست آمده طی پژوهش حاضر می‌توان جمع‌بندی نمود که برخی از نتایج حاصل با واقعیت تطبیق ندارد. زیاد و یا کم بودن قدرت تفکیک می‌تواند نتایج نامطلوبی را ارائه دهد. به طوری که قدرت تفکیک بالا، تعداد ذرات رسوبات درشت را بیش‌تر برآورد می‌کند که با واقعیت مطابقت ندارد. البته برای تحلیل توزیع ذرات رسوبات ریزدانه اختلاف در دقت دوربین‌های با قدرت تفکیک متفاوت چندان چشم‌گیر نبود.

در راستای این موضوع می‌توان مطرح کرد که وجود ناهمگونی‌ها و تغییرات در تصاویر به این دلیل است که تن‌ها، بافت‌ها و رنگ‌ها به‌عنوان یک جسم تلقی می‌شوند. به عبارتی می‌توان بیان کرد که قدرت تفکیک بالا یک دانه رسوب را چند دانه رسوب و قدرت تفکیک کم چند دانه رسوب را یک دانه رسوب در نظر می‌گیرد ولی قدرت تفکیک متوسط بیش‌تر به واقعیت نزدیک‌تر است. لذا، هر چه اندازه ذرات تشکیل دهنده رسوبات بزرگ‌تر باشد، دقت دوربین با قدرت تفکیک کم‌تر از ۱۰ مگاپیکسل در تخمین به واقعیت نزدیک‌تر است. بنابراین، قدرت تفکیک دوربین بر میزان دقت ارزیابی اندازه رسوبات بستر متفاوت خواهد بود.

با توجه به نتایج به دست آمده پیشنهاد می‌شود که دوربین مناسب با نیازمندی‌های نرم‌افزار GIAS و دانه‌بندی رسوبات باشد و همچنین، با مقایسه نتایج نرم‌افزارهای مختلف برای پردازش تصاویر دانه‌بندی رسوبات نتایج تحقیق حاضر کاربردی‌تر خواهد شد. اگر چه دستیابی به نتایج و جمع‌بندی‌های جامع نیازمند انجام تحقیقات مشابه بیشتر و با گستره‌ای وسیع‌تر از انواع دوربین‌ها و حتی کارهای مشترک بیشتر با متخصصین پردازش تصویر و الکترونیک است.

همچنین، با توجه به شکل ۹ می‌توان به این نتیجه دست یافت که دانه‌بندی ذرات ریز با دوربین با قدرت تفکیک ۱۶ مگاپیکسل با مقدار ۰/۸۸ و دوربین با قدرت تفکیک ۱۸ با مقدار ۰/۶۹ به ترتیب بیشترین و کمترین میزان هم‌بستگی را با دانه‌بندی با روش الک دارد. این در حالی است که تحلیل نتایج سایر دوربین‌ها با قدرت‌های تفکیک متفاوت نشان داد که میزان هم‌بستگی مناسب و قابل قبولی با مقادیر مشاهداتی (الک) داشتند. بنابراین، در مجموع می‌توان مطرح کرد که در تحلیل توزیع ذرات دانه‌ریز با استفاده از دوربین‌های با قدرت تفکیک ۱۲ تا ۱۶ مگاپیکسل نتایج بهتری را ارائه داده‌اند. هر چند استفاده از سایر دوربین‌ها با قدرت تفکیک پایین‌تر نیز خطای چشم‌گیری را در پی نخواهند داشت. همچنین، مقایسه کلی شکل‌های ۸ و ۹ حکایت از حساسیت بیش‌تر دقت دانه‌بندی رسوبات درشت‌دانه‌ی بستر از قدرت تفکیک دوربین‌ها داشته و ضرورت دقت بیشتر در این خصوص را تأیید می‌نماید. دلیل این امر را می‌توان به عدم دقت کافی دوربین‌ها با قدرت تفکیک پایین (۳ و ۷ مگاپیکسل) در ارائه تصاویر واضح از رسوبات و نیز تفکیک و تجزیه بیش از حد رسوبات دانه درشت بر اساس نقش رنگ و یا عارضه‌های سطحی و طبعاً گزارش مقدار بیش‌تر دانه‌های رسوبی به وسیله دوربین‌های با قدرت تفکیک بالا (۱۶ و ۱۸ مگاپیکسل) نسبت داد. وجود ارتباط منفی نتایج حاصل از دوربین‌های با قدرت تفکیک حدی در مطالعه حاضر را نیز می‌توان دلیل دیگر بر این ادعا تصور نمود.

ضرایب هم‌بستگی دوربین با قدرت تفکیک متوسط مؤید دقت بیش‌تر پردازش تصویر ذرات درشت و ریز است. با این وجود دامنه قطری رسوبات بستری دانه‌درشت از ۱۰ تا ۱۰۷ میلی‌متر با کمترین و بیش‌ترین مقدار، انحراف معیار و نما نیز به ترتیب ۷/۸۹ تا ۴۵۵/۹۸ و ۱۴ تا ۲۱، کمترین و بیش‌ترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین دامنه قطری رسوبات بستر ریزدانه از ۱۰ تا ۵۷ میلی‌متر با کمترین و بیش‌ترین مقدار، انحراف معیار و نما به ترتیب ۱۰/۱۷ تا ۱۴۳/۳۳ و ۱۲ تا ۴۸ کمترین و بیش‌ترین مقدار

**منابع مورد استفاده**

1. Beggan, C., and C.W. Hamilton. 2010. New image processing software for analyzing object size-frequency distributions, geometry, orientation, and spatial distribution. *Computers and Geosciences*, 36 (4):539-549.
2. Buscombe, D., and G. Masselink. 2009. Grain-size information from the statistical properties of digital images of sediment. *Sedimentology*, 56: 421-438.
3. Chang, F.J., and Ch.H. Chung. 2012. Estimation of riverbed grain-size distribution using image-processing techniques. *Journal of Hydrology*, 440-441: 102-112.
4. Graham, D.J., S.P. Rice and I. Reid. 2005. A transferable method for the automated grain sizing of river gravels. *Water Resources Research*, 41(7): 12-W07020.
5. Kuhns, R.D., and B. Strom. 2007. Comparison of automated grain sizing of gravel beds using digital Images to standard grid and random-walk pebble counts. NSF-REU, Undergraduate Research Report, 15 pages.
6. Parker, G. 1991. Selective sorting and abrasion of river gravel. II: Applications. *Journal of Hydraulic Engineering*, 117(2): 150-171.
7. Rice, S.P. 1999. The nature and controls on downstream fining within sedimentary links. *Journal of Sedimentary Research*, 69(1): 32-39.
8. Sadeghi, S.H.R., A.V. Khaledi Darvishan, and M. Vafakhah. 2007. Study on channel hydraulic characteristic on morphology variation bed materials. *Journal of Hydrology*, 1(1): 1-10 (in Persian).
9. Sadeghi, S.H.R., V.S. Sadeghi, A.V. Khaledi Darvishan and L. Gholami. 2009. Feasibility study on image processing usage in sediment Granulometry, In: Proceedings of 4th National Conference on Watershed Management and Water and Soil Resources, Kerman, Iran, December 2-3, 2009:668-673 (in Persian).
11. Williams, G.P. 1983. Paleohydrological methods and some examples from Swedish fluvial environment. cobble and boulder deposits. *Geografiska Annaler*, 65: 227-243.

## Investigating Bed Sediment Granulometry Precision based on Image Processing of Cameras with Different Resolutions

Seyed Hamidreza Sadeghi (Corresponding Author), Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor 46417-76489, Mazandaran, Iran, E-mail: sadeghi@modares.ac.ir

Sudabeh Gharemahmudli, Former MSc Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor 46417-76489, Mazandaran, Iran, E-mail: gharemahmudlisudabe@yahoo.com

### Abstract

Awareness of particle size distribution of river bed material plays an important role in studies of the organizing and analysis behavior of rivers. The traditional separation of particle sediments needs a lot of cost, time and fieldwork. Therefore, new methods such as image processing separation, is essential for studies on particle size distribution of riverbed sediments. It is necessary to maintain standards in reach to the goals and to justify the adoption of a new separation technique. Accordingly, the resolution of the camera is very important for standard image processing. However, it has not been considered, yet. Hence, the present study aimed to analyze the accuracy of the particle size distribution of bed sediments using the image processing of image taken by cameras with different resolutions. For this purpose, variety of cameras were applied to provide images with different resolutions. The direct samplings and measurement was also conducted for comparison purposes. The results showed that cameras with 3 and 10 megapixel resolutions had the highest and the lowest consistency with observed data with respective correlation coefficients of 0.65 and -0.51 for coarse sediment. The cameras with resolutions of 16 and 18 megapixel also had the highest and the lowest agreement with the observed data with correlation coefficients of 0.88 and 0.69 for fine-grained sediments, respectively. In principle, the results suggested that the most appropriate camera for image processing purposes born 10 to 16 megapixels of resolution. However, coarse-grained sediments ranged from 10 to 107 mm in diameter with the respective highest and the lowest standard deviation and mode of 98.455 and 89.7, and 21 and 14. The fine-grained sediments also ranged from 10 to 57 mm in diameter with the highest and the lowest standard deviation and mode of 33.143 and 17.10, and 12 and 48, respectively.

**Keywords:** Bed Sediment, Camera Resolution, Indirect Measurement Method, Particle Granulometry, Sediment Research

## Investigating bed sediment granulometry precision based on image processing of cameras with different resolutions

Seyed Hamid Reza Sadeghi<sup>\*1</sup> and Sudabeh Gharemahmudli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran, <sup>2</sup> MSc Student, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran

Received: 26 June 2013

Accepted: 18 August 2013

### Abstract

Awareness of particle size distribution of river bed material plays an important role in studies of the organizing and analysis behavior of rivers. The traditional separation of particle sediments needs a lot of cost, time and fieldwork. Therefore, new methods such as image processing separation, is essential for studies on particle size distribution of riverbed sediments. It is necessary to maintain standards in reach to the goals and to justify the adoption of a new separation technique. Accordingly, the resolution of the camera is very important for standard image processing. However, it has not been considered, yet. Hence, the present study aimed to analyze the accuracy of the particle size distribution of bed sediments using the image processing of image taken by cameras with different resolutions. For this purpose, variety of cameras were applied to provide images with different resolutions. The direct samplings and measurement was also conducted for comparison purposes. The results showed that cameras with 3 and 10 megapixel resolutions had the highest and the lowest consistency with observed data with respective correlation coefficients of 0.65 and -0.51 for coarse sediment. The cameras with resolutions of 16 and 18 megapixel also had the highest and the lowest agreement with the observed data with correlation coefficients of 0.88 and 0.69 for fine-grained sediments, respectively. In principle, the results suggested that the most appropriate camera for image processing purposes born 10 to 16 megapixels of resolution. However, coarse-grained sediments ranged from 10 to 107 mm in diameter with the respective highest and the lowest standard deviation and mode of 98.455 and 89.7, and 21 and 14. The fine-grained sediments also ranged from 10 to 57 mm in diameter with the highest and the lowest standard deviation and mode of 33.143 and 17.10, and 12 and 48, respectively.

**Key words:** Camera Resolution, Indirect Measurement Method, Particle Granulometry, Sediment Research

---

\* Corresponding Author: sadeghi@modares.ac.ir