علوم و مهندسی آبیاری
جلد ۴۰، شماره‌ی۴، زمستان ۹۶، ص. ۱۳۹-۱۲۵

تخمین توزیع اندازه ذرات در رودخانه‌های با بستر شنی به روش پردازش تصویر

میلاد پایسته[۱]، بابک لشکرآرا[۲*] و منوچهر فتحی مقدم[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول.
۲*- نویسنده مسئول، استادیار دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول. Lashkarara@jsu.ac.ir
۳- استاد دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۱۲

چکیده

توزیع دانه‌بندی ذرات بستر در رودخانه‌های آبرفتی با بستر شنی یکی از بحث‌های چالش برانگیز در مطالعه رفتارهای هیدرولیکی، مورفولوژیکی و اکوسیستمی رودخانه‌ها می‌باشد. به‌کارگیری روش‌های نوین هم‌چون پردازش تصاویر به جای روش سرند در تعیین دانه‌بندی ذرات بستر رودخانه‌های آبرفتی از نقطه نظر اقتصادی می‌تواند مورد توجه ویژه قرار گیرد. در این تحقیق به‌منظور تخمین توزیع دانه‌بندی لایه آرمور در بستر رودخانه‌های آبرفتی با بستر شنی از روش‌های الگوریتم حوضه آبخیز و الگوریتم بازسازی تصویر در نرم‌افزار متلب استفاده شد. کارایی روش‌های یاد شده در رودخانه بالارود مورد ارزیابی قرار گرفت. منحنی دانه‌بندی حاصل از دو روش الگوریتم حوضه آبخیز و الگوریتم بازسازی تصویر در مقابل نتایج حاصل از روش چاپ تصویری به‌ترتیب دارای ریشه مربع میانگین خطای ۵ و ۳/۰٤ میلی‌متر بود. راندمان تخمین قطر ذرات در مدل بازسازی تصویر ۹٦/۳ درصد و در مدل الگوریتم حوضه آبخیز ٦٦ درصد بود. این امر حاکی از برتری نسبی فیلتر بازسازی تصویر در مقابل الگوریتم حوضه آبخیز است. لذا روش بازسازی تصویر می‌تواند به‌عنوان روشی کارآمد و سریع، جایگزین روش‌های سنتی مانند سرند شود.

کلید واژه‌ها: منحنی دانه‌بندی، پردازش تصاویر، نرم‌افزار متلب، الگوریتم حوضه آبخیز، الگوریتم بازسازی تصاویر.

مقدمه

بستر آبراهه‌های طبیعی از ذرات با اندازه‌های مختلف تشکیل شده است که در اندازه‌های مقیاسی گوناگون پراکنده شده‌اند. نحوه توزیع دانه‌بندی ذرات بستر رودخانه‌ها چالش‌های مهمی را در بررسی رفتار هیدرولیکی، ریخت‌شناسی و اکولوژیک رودخانه‌ها به‌وجود می‌آورد (هوی و فرگوسن[۱] ۱۹۹۴؛ راس[۲] ۱۹۹۹؛ رایس و همکاران[۳]، ۲۰۰۱). مطالعه در زمینه اندازه و شکل ذرات از سابقه طولانی برخوردار است. بارت[۴](۱۹۸۰)، با توجه به ویژگی‌های گوشه‌دار بودن ذرات در مقابل مسطح بودن آن‌ها به معرفی شکل ذره پرداخت. شکل (۱) نمونه‌ای از کار بارت (۱۹۸۰) را نشان می‌دهد. شکل‌شناسی در زمینه مکانیک خاک توسط کرامبین[۵] (۱۹۴۱)، با مفهوم کرویت که برابر نسبت مساحت جسم به مساحت کوچک‌ترین دایره محیط بر جسم است، بیان شد. برای مشاهده بهتر کروی بودن جسم، ریتنهاس[۶] (۱۹۴۳)، نمودار دوبعدی کرویت را معرفی نمود. هم‌چنین مسطح بودن را ویدل[۷](۱۹۳۲)، با توجه به نسبت انحنای گوشه‌های جسم به کل محیط بیان کرد و کرامبین (۱۹۴۱)، آن را توسط نمودار دوبعدی کامل نمود.

تنوع اندازه ذرات سطحی تأثیر آشکاری در بحث انتقال رسوب دارد. مائو و سوریان[۸] (۲۰۱۰)، با بررسی‌های ذرات آبرفتی به دام افتاده بین ذرات درشت دانه بستر، رابطه مستقیمی را بین تنش برشی و انتقال رسوبات به‌دست آوردند. مطالعات زیست محیطی که برای فهم اثر ذرات بستر بر رفتار آبزیانی همچون ماهی قزل آلا انجام پذیرفته است، نشان‌دهنده اهمیت مطالعه دانه‌بندی ذرات بستر رودخانه می‌باشد (رایس و همکاران،۲۰۰۱). مشخصه‌های اندازه ذرات و مصالح بستر رودخانه‌ها که به توزیع اندازه ذرات وابسته‌اند، به شیوه‌های گوناگونی مانند آزمایش دانه‌بندی با الک، روش نمونه‌برداری در مطالعات میدانی، روش چاپ تصویری و سایر روش‌هایی که تاکنون ابداع شده، قابل برآورد می‌باشد (آبرل و نیکورا[۹]، ۲۰۰۶). رایج‌ترین روش در این بین، آزمایش الک است که در آن با استفاده از وزن تجمعی دانه‌های عبوری از الک، منحنی توزیع اندازه ذرات به‌دست می‌آید. واضح است که اندازه‌گیری توزیع دانه‌بندی ذرات به روش‌های میدانی، امری زمان‌بر، پرمشقت و غیراقتصادی است، بنابراین توسعه روشی سریع و دقیق برای اندازه‌گیری دانه‌بندی ذرات بستر رودخانه تأثیر به‌سزایی در رشته

1 - Hoey and Ferguson
2 - Russ
3 - Rice *et al.*
4 - Barrett
5 - Krumbein
6 - Rittenhouse
7 - Wadell
8 - Mao and Surian
9 - Aberle and Nikora

مهندسی عمران و محیط زیست دارد. در سال‌های اخیر برخی نرم‌افزارهای تجاری برای پردازش تصاویر توسعه یافته‌اند که بر مبنای الگوریتم‌های از پیش تعیین شده عملیات پردازش تصاویر را انجام می‌دهند. از جمله این نرم‌افزارهای تجاری می‌توان به نرم‌افزار جیاس[1] اشاره نمود. این برنامه به‌منظور استخراج اطلاعات از تصاویر زمین‌شناسی توسعه یافته است. این برنامه یک مدل پردازش تصویر را برای به تصویر کشیدن مساحت، تعداد و اندازه ذرات با یک مدل توزیع مکانی ترکیب می‌کند که به کمک یکدیگر، کار تحلیل نزدیکترین همسایگی وابسته به اندازه ذرات را به‌صورت خودکار انجام می‌دهد (حسن‌نژادشریفی و همکاران، ۱۳۹۵). ایمج‌جی[2] نیز یک برنامه رایج برای پردازش تصویر است که توسط موسسات ملی بهداشت در ایالات متحده آمریکا توسعه یافته است. وجود مدل دوشاخه‌ای مرسوم، ایمج‌جی را قادر به انجام کارهای متعددی از جمله تحلیل فراوانی اندازه گودال‌های موجود در مقاطع نازک زمین‌شناسی می‌سازد (بگان و همیلتون[3]، ۲۰۱۰). لیکن ضعف عمده این نرم افزارهای تجاری کم بودن قدرت مانور کاربر در به‌کارگیری و بازنویسی الگوریتم‌های پردازش تصویر می‌باشد.

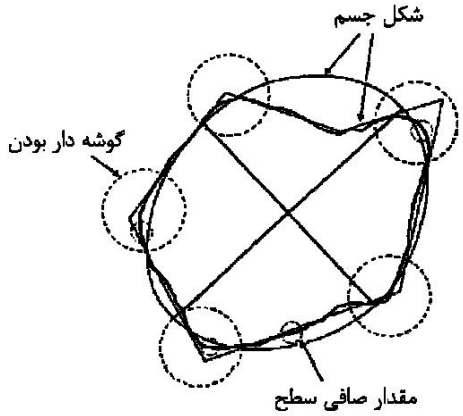
استخراج اندازه آزمایشی رایج در مهندسی زمین‌شناسی می‌باشد، که به‌منظور تخمین نسبت سایز متفاوت ذرات تشکیل دهنده نمونه خاک در آزمایشگاه یا به‌صورت صحرایی انجام می‌شود. مطالعات مربوط به محیط‌های آبرفتی معمولاً برای تخمین زبری بستر رودخانه، محاسبات مربوط انتقال رسوبات، دسته‌بندی رفتار آبزیان و مشاهدات کلی رفتار محیط ضروری می‌باشد (استرم و همکاران[4]، ۲۰۱۰). امروزه این عملیات با استفاده از روش‌های پردازش تصویر به‌منظور استخراج خودکار اندازه ذرات با استفاده از تصاویر دیجیتال بستر رودخانه‌ها میسر می‌باشد. تاکنون مطالعات متنوعی در رابطه با به‌کارگیری روش پردازش تصویر برای استخراج خصوصیات ذرات رسوبی در بستر رودخانه‌ها انجام شده است.

عبدشریف اصفهانی و همکاران (۱۳۸۴) از روش عکس‌برداری شبکه‌ای برای تعیین دانه‌بندی لایه محافظ در بستر رودخانه کرج استفاده نمودند. گراهام و همکاران[5] (۲۰۰۵) برای تعیین مؤلفه‌های رسوبات بستر سه رودخانه در انگلستان از روش پردازش تصویر استفاده نمودند. رابین و همکاران[6] (۲۰۰۷) با استفاده از یک میکروسکوپ زیر آبی تغییرات مکانی و زمانی در اندازه ذرات رسوبی بستر رودخانه کلرادو را اندازه‌گیری نمودند. واریک و همکاران[7] (۲۰۰۹) از یک روش خودهمبستگی برای برآورد ابعاد رسوبات درشت دانه از طریق پردازش عکس‌های تهیه شده از رسوبات سواحل دلتای رودخانه الوا استفاده نمودند. چنگ و چانگ[8] (۲۰۱۲) به کمک یک شبکه فازی عصبی از یک روشی اصلاح شده برای پردازش تصاویر ذرات رسوبی بستر رودخانه لانیانگ در تایوان استفاده نمودند.

بوسکامب[9] (۲۰۱۳) با استفاده از تحلیل موجک و با به‌کارگیری تابع مورلت از خانواده موجک‌ها روشی بی نیاز به واسنجی جهت استخراج اندازه ذرات رسوبی ابداع نمود. به‌طور کلی می‌توان این روش‌ها را به دو دسته روش‌های آماری و روش‌های هندسی دسته‌بندی کرد، که در هر کدام تصاویر، می‌بایست تراکم پیکسلی لازم را داشته باشند، تا بتوانند کوچک‌ترین ذرات را در قالب چند پیکسل ثبت کرده باشد (بوسکامب، ۲۰۰۸).

روش‌های آماری، با اندازه‌گیری میزان حساسیت بافت تصویر، سایز ذرات را تخمین می‌زنند. در این روش برای تخمین میزان حساسیت بافت، از پارامترهای خودهمبستگی، نیمه‌پراکندگی و یا روش تحلیل فرکتال استفاده می‌شود (واریک و همکاران، ۲۰۰۹؛ بوسکامب، ۲۰۱۳). در واقع اساساً روش‌های آماری از سایر روش‌های تحلیل اندازه ذرات متفاوت می‌باشند، چون در این روش سایز هر ذره مشخص به‌صورت مستقیم و مجزا اندازه‌گیری نمی‌شود و نتایج وابسته به تشخیص محدوده ذرات نمی‌باشد. به‌عبارت دیگر روش‌های آماری با استخراج مشخصات آماری بافت کل تصویر اقدام به اندازه‌گیری ابعاد ذرات رسوب می‌کنند. این در حالی‌است که روش‌های هندسی اندازه ذرات را با استفاده از تعیین محدوده تک ذره رسوب در تصویر استخراج می کنند. روش‌های هندسی از ابزار پردازش تصاویر هم‌چون آستانه‌یابی و قطعه‌بندی برای تشخیص محورهای قابل مشاهده ذرات استفاده می‌کنند (گراهام و همکاران، ۲۰۱۲؛ چنگ و چانگ، ۲۰۱۲). تماس و هم‌پوشانی ذرات رسوب، عدم وجود شدت پس‌زمینه در تصاویر و طبیعت گوناگون مواد رسوبی، طراحی الگوریتم تشخیص را که برای طیف گسترده‌ای از رسوبات به‌صورت متعادل عمل کند، مشکل می‌سازد (رابین و همکاران، ۲۰۰۷). اگر الگوریتم قطعه‌بندی در روش پردازش تصویر معیوب عمل کند، خطای محاسباتی به‌صورت غیرخطی افزوده می‌شود، بنابراین طراحی فیلترهای کارآمد برای استخراج دانه‌بندی ذرات از اهمیت بالایی برخوردار است (مائو و همکاران[10]، ۲۰۱۱). این مطالعات نشان داد که روش‌های نوین پردازش تصویر پتانسیل بسیار زیادی برای جایگزینی با روش‌های سنتی قبلی دارد. همچنین درصد خطای انسانی در روش‌هایی نظیر نمونه‌برداری صحرایی و یا لایه چسبناک برای برداشت نمونه از لایه آرمور کف رودخانه‌ها بسیار زیاد است، حال آنکه روش پردازش تصویر با قدرتی که در برداشت تمام جزئیات و تحلیل داده‌ها دارد از دقت مطلوبی در مقایسه با روش‌های سنتی برخوردار است. در این تحقیق تلاش شده تا سطح کیفیت تشخیص فیلترهای موجود در ابزار پردازش تصویر نرم افزار متلب، جهت تعیین دانه‌بندی ذرات رسوبی لایه آرمور در بستر رودخانه‌های آبرفتی ارتقا داده شود.

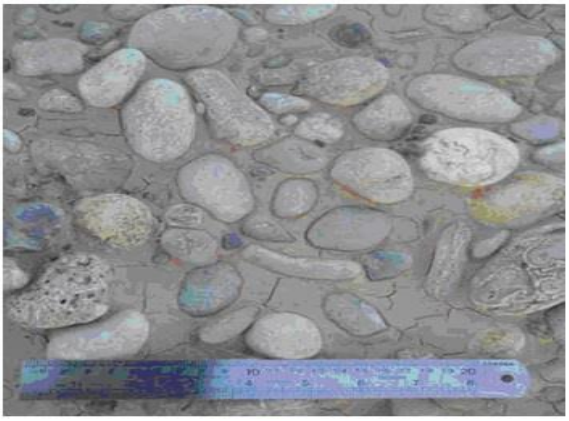
1 - GIAS
2 - ImageJ
3 - Beggan and Hamilton
4 - Strom *et al.*
5 - Graham *et al.*
6 - Rubin *et al.*
7 - Warrick *et al.*
8 - Chang and Chumg
9 - Buscombe
10 - Mao *et al.*



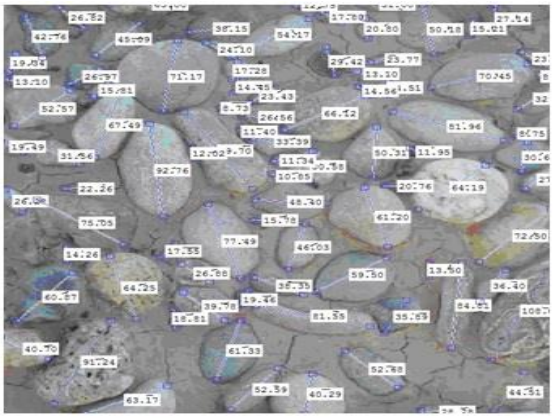
شکل۱- خصوصیات صافی سطح توسط پارامتر بارت (۱۹۸۰)

مواد و روش‌ها

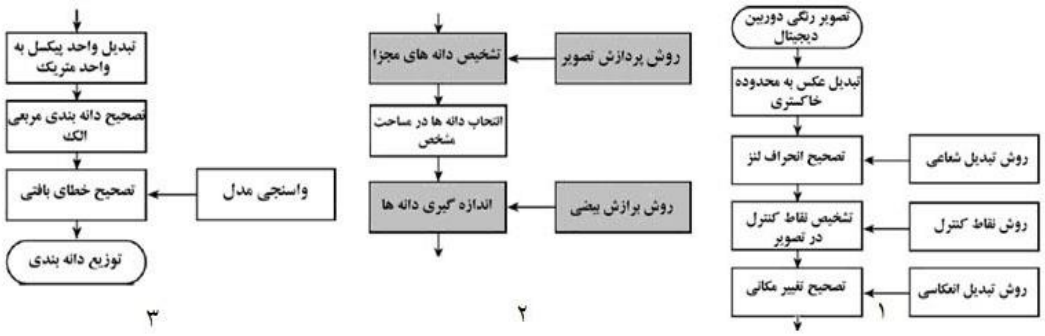
هدف اصلی تحقیق حاضر معرفی روشی جایگزین روش‌های سنتی مانند روش سرند مصالح و استفاده از روش لایه چسبناک برای تعیین دانه‌بندی ذرات لایه آرمور، در رودخانه‌های آبرفتی می‌باشد. در این تحقیق برای تحلیل دانه‌ها از روش چاپ تصویری استفاده شده است. روش چاپ تصویری براساس مطالب مندرج در نشریه شماره ۳۴۹ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی که در این مقاله برای اندازه‌گیری نمونه مشاهداتی به‌کار گرفته شده است (برقعی، ۱۳۸۵)، تلاش دارد تا علاوه بر کاهش عملیات صحرایی، در صرف زمان و نیروی انسانی صرفه‌جویی شود. در این روش از سطح رسوبات تصویری برداشته می‌شود و اندازه دانه‌ها در تصویر توسط خط‌کش یا به کمک پلانتیمتر اندازه‌گیری می‌شوند (شکل ۲ و ۳). دلیل به‌کارگیری روش چاپ تصویری به‌عنوان معیاری برای صحت‌سنجی نتایج روش پردازش تصویر این است که در هر دو روش نتایج حاصل از تصاویر دوبعدی است. از آنجا که معمولاً ذرات با قطرهای متوسط و بزرگ خود روی بستر قرار می‌گیرند و قطر کوچک آن‌ها در راستای قائم واقع می‌شود، لذا قطر به‌دست آمده از روش پردازش تصاویر حاصل میانگین قطر بزرگ و متوسط ذرات می‌باشد، به همین دلیل منحنی توزیع اندازه ذرات در روش‌های تصویری با منحنی دانه‌بندی آزمایش الک اختلاف خواهد داشت که برای اصلاح آن نیاز به استخراج یک ضریب تصحیح می‌باشد. لیکن در صورت مقایسه نتایج روش چاپ تصویری و روش پردازش تصویر، دیگر نیازی به استخراج این ضریب نیست، زیرا هر دو روش طول بزرگ‌ترین قطر ذرات رسوبی در تصویر دو بعدی را اندازه‌گیری می‌کنند. به‌منظور عملیاتی نمودن اهداف تحقیق از بستر رودخانه بالارود واقع در جنوب شهرستان اندیمشک به‌وسیله دوربین دیجیتال سامسونگ مدل (آی-۸۵۱۰) پنج تصویر تهیه گردید. این مدل دوربین دیجیتال قابلیت تصویربرداری با کیفیت هشت مگاپیکسل را داراست. شکل (۲) نمونه‌ای از تصاویر دارای مقیاس تهیه شده از لایه آرمور تشکیل شده در این رودخانه را نشان می‌دهد. به‌منظور تعیین اندازه ذرات لایه آرمور به روش چاپ تصویری، از جعبه ابزار موجود در نرم‌افزار متلب استفاده شده است. نرم‌افزار متلب یک سیستم ماتریس محور برای محاسبات ریاضی را فراهم آورده است، که در طول سال‌های اخیر به ابزاری بسیار قدرتمند و کارآمد برای انجام محاسبات پیشرفته مهندسی تبدیل شده است. جعبه ابزار نرم‌افزار متلب این امکان را می‌دهد تا طول قطر بزرگ ذرات رسوبی بر حسب تعداد پیکسل‌ها استخراج شود. از آن‌جایی‌که این جعبه ابزار مقادیر طول را بر حسب تعداد پیکسل نمایش می‌دهد، ضرورت دارد که تصویر مورد استفاده از نظر مقیاس دارای بعد مناسبی با واقعیت باشد، تا بتوان به نتایج منطقی دست یافت. لذا توصیه می‌گردد که به‌هنگام تهیه تصاویر، یک خط‌کش مدرج در محدوده تصویر به‌عنوان مبنا نصب گردد. شکل (۳) نتایج خروجی از جعبه ابزار نرم‌افزار متلب را به‌منظور تعیین اندازه ذرات لایه آرمور برحسب تعداد پیکسل موجود در تصویر نشان می‌دهد. در گام بعدی به‌منظور عملیاتی نمودن تعیین دانه‌بندی لایه آرمور با استفاده از تصویر، از الگوریتم‌های نرم‌افزار متلب استفاده شده است. برای برازش و استخراج قطر دانه‌های موجود در تصویر، الگوریتم‌های متنوعی در جعبه ابزار پردازش تصویر به‌وجود آمده است، که در این میان می‌توان به آشکارسازی لبه‌ها در تصویر، نویززدایی، بازسازی تصویر و حذف داده‌های پرت اشاره نمود. برای استفاده از هر یک از روش‌های پردازش، اجرای یک عملیات پیش‌پردازش تصویر ضروری می‌باشد. در واقع مولفه‌های متعددی وجود دارد که می‌تواند دقت نتایج روش پردازش تصویر را تحت تاثیر قرار دهد. این خطاها می‌تواند ناشی از کیفیت عکس گرفته شده از رسوبات، عدم وضوح به دلیل لرزش دست حین عکس‌برداری، اغتشاش زیاد در تصویر به‌دلیل نور موجود در فضا و قطعه‌بندی نامناسب به دلیل الگوریتم پردازش تصویر استفاده شده، باشد.



شکل۲- تصویر اولیه از مصالح بستر آبرفتی



شکل۳- تعیین قطر ذرات بر حسب پیکسل



شکل٤- روندنمای نحوه پردازش تصویر (گراهام و همکاران، ۲۰۰۵)

براساس مطالعات گراهام و همکاران (۲۰۰۵)، کلیه تصاویر دیجیتال مورد استفاده در روش پردازش تصویر نیاز به آماده‌سازی اولیه دارند، که عملیات مورد نیاز در شکل (۴) به‌صورت روندنما نمایش داده شده است. در ضمن توصیه می‌شود که عکس‌های دیجیتال در زمانی از روز تهیه شوند که به دور از تابش مستقیم نور خورشید بر مصالح باشد (معمولاً بعد از ظهر یا اول صبح)، زیرا نور مستقیم خورشید و تشکیل برخی سایه‌های ناخواسته نه تنها ایجاد خطا می‌کند، که موجب افزایش ناهمگن شدت نور تصویر در برخی نقاط می‌شود. همچنین پیشنهاد می‌شود، دوربین روی یک پایه ثابت و محکم استقرار یابد تا از خطای انسانی حین تصویربرداری جلوگیری به‌عمل‌آید. در این تحقیق از دو روش متفاوت الگوریتم حوضه‌آبخیز و الگوریتم بازسازی تصویر به‌منظور استخراج قطر ذرات لایه آرمور در بستر رودخانه‌های آبرفتی استفاده شده است که در ادامه شرح مختصری از آنها ارائه شده است.

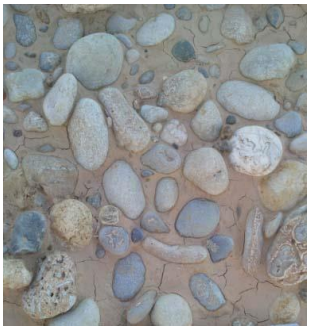
الگوریتم بازسازی تصویر

یکی از عملگرهای نزدیک‌ترین همسایگی که برای بهبود تشخیص دانه‌های ریز و محدوده‌بندی کلی ذرات استفاده می‌شود، عملگر بازسازی تصویر می‌باشد. این عملگر مورفولوژی اقدام به بازسازی عکس با استفاده از تصویر نشان‌گذاری شده و ماسک تصویر می‌کند. در واقع تصویر نشان‌گذاری شده یک مولفه ارتباطی بین پیکسل‌های تصویر می‌باشد، که به‌صورت ابتدایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تصویر نشان‌گذاری شده و ماسک تصویر می‌توانند به صورت باینری (صفر ویک) و یا رنگی باشند، فقط نکته حائز اهمیت این است که هر دو می‌بایست دارای سایز مشابه باشند (وینسنت و سالی[1]، ۱۹۹۱). مراحل پیاده‌سازی الگوریتم بازسازی تصویر در شکل (۵) به‌صورت گام به گام نمایش داده شده‌است.

وقتی الگوریتم بازسازی تصویر به عکس‌های گرفته شده از بستر رود اعمال می‌شود، موجب حذف خلل و فرج میان سنگدانه‌ها می‌شود که عمل آستانه‌گیری را بهبود می‌بخشد. لازم به ذکر است که بر اساس مطالعات گراهام و همکاران (۲۰۰۵) و تجربیات حاصل از تحقیق حاضر، اعمال فیلترهایی چون متوسط‌گیری باعث کاهش کارآیی این فیلتر می‌شود. به‌منظور ساده‌سازی عملیات پردازش تصویر، ابتدا ماتریس تشکیل دهنده تصویر در نرم‌افزار متلب، از حالت رنگی (با سه مولفه قرمز، سبز، آبی) به حالت خاکستری رنگ در مقیاس هشت بیتی تبدیل شود (شکل ۵ ب). بافت‌نگار تصویر نموداری است، که محور افقی آن شدت روشنایی هر پیکسل را در برابر تعداد پیکسل‌های تصویر در محور افقی به‌تصویر می‌کشد(شکل۶ الف).

1 - Vincent and Soille

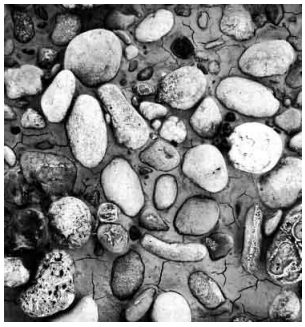
تعدیل بافت‌نگار تصویر منجر به افزایش روشنایی و وضوح تصویر می‌شود. این عمل محدوده بیشتری به پیکسل‌هایی که شدت نور با فرکانس بالاتری دارند، اختصاص می‌دهد و موجب می‌شود شدت نور پیکسل‌های تصویر به میزان یکسان بالا رود. افزایش وضوح تصویر باعث استخراج بهینه پس‌زمینه تصویر می‌شود (شکل ۶ ب). به‌منظور تعیین نقاط حداکثر و حداقل از فیلتر گرادیان استفاده می‌شود. نقاط حداقل و حداکثر در تصویر در واقع نقاطی هستند که در آن شدت نور به یکباره کم یا زیاد شده است.



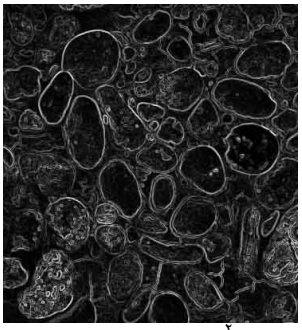
الف) تصویر رنگی (۲۵۶ بیتی)



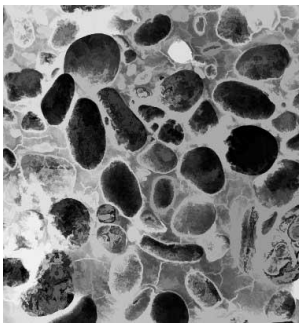
ب) تصویر خاکستری (هشت بیتی)



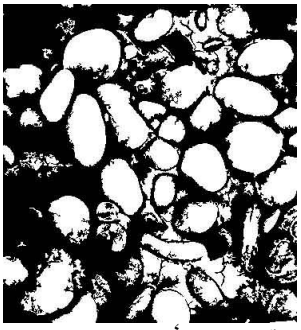
ج) تعدیل بافت‌نگار [1] تصویر



د) گرادیان [2] تصویر با استفاده از مشتق‌گیری پیکسل‌های تصویر



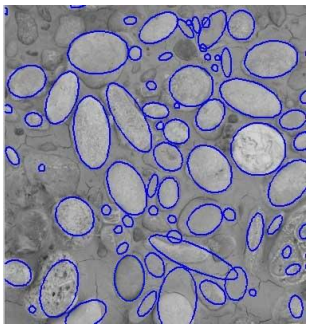
ه) بازسازی تصویر با استفاده از فیلتر باز و بسته کردن [3] وگرادیان تصویر



و)آستانه‌گیری [4] از تصویر بازسازی شده



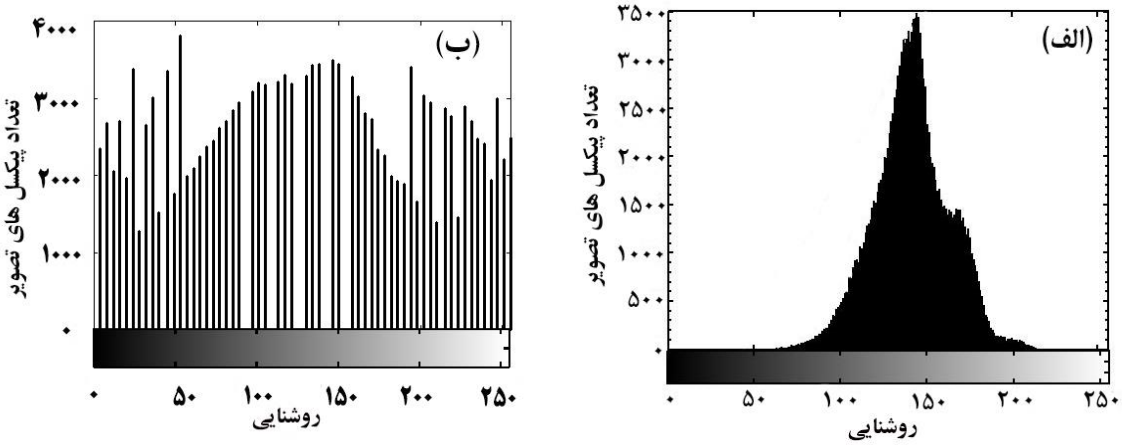
ز) اعمال فیلتر بستن [5] برای تفکیک محدوده ذرات



ح)برازش بیضی بر محدوده استخراج شده

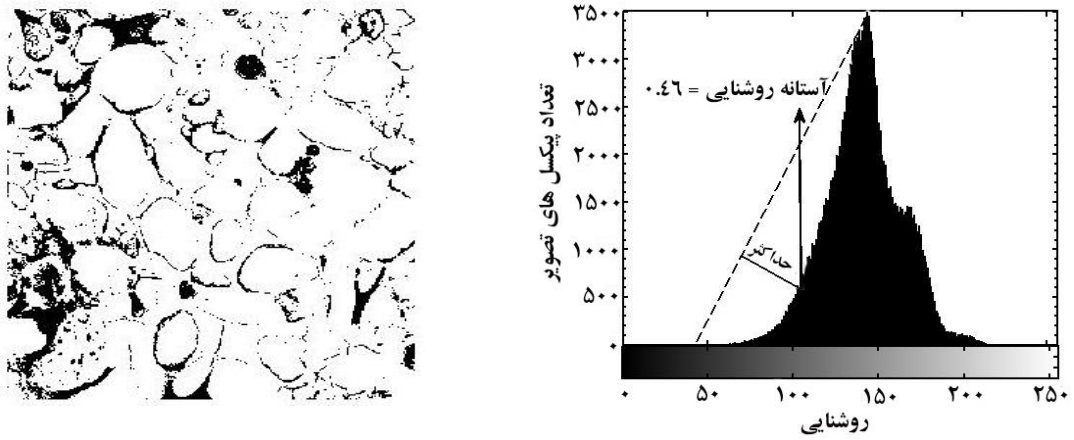
شکل ۵- مراحل الگوریتم بازسازی تصویر

1- Histogeram equal
2- Gradiant
3- Opening-Closing by Reconstruct
4- Thresholde
5- Closing filter

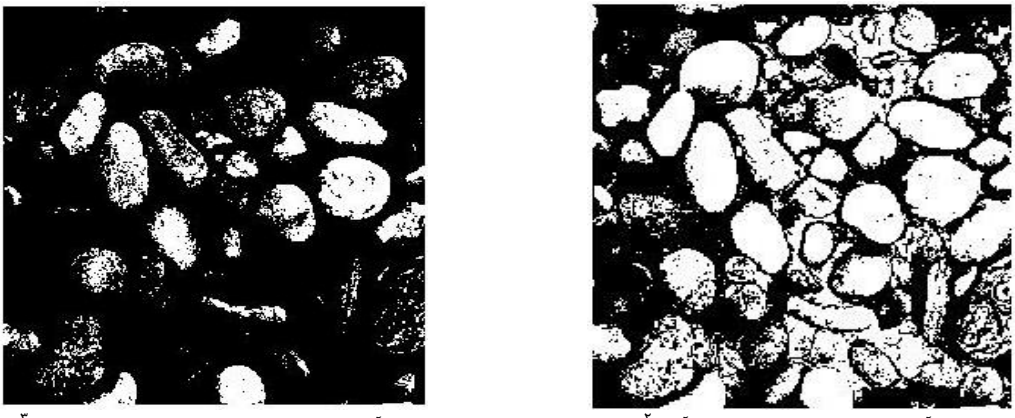


الف) بافت نگار ستونی شکل(۵، ب)　　ب) بافت نگار ستونی تعدیل شده شکل(۵، ج)

شکل ٦- اثر تعدیل بافت نگار ستونی روند تغییرات میزان روشنایی در مقابل تعداد جزء های تصویر



الف) شماتیک تعیین آستانه‌روشنایی به روش الگوریتم مثلث　　ب) آستانه‌گیری به روش الگوریتم مثلث[1] (آستانه روشنایی = ۰/۴۶)



ج) آستانه‌گیری به روش الگوریتم آتسو[2] (آستانه روشنایی = ۰/۵۵)　　د) آستانه‌گیری به روش الگوریتم کمینه–بیشینه[3] (آستانه روشنایی = ۰/۶۵)

شکل ۷- مقایسه آستانه‌گیری به روش‌های الگوریتم مثلث، الگوریتم آتسو و الگوریتم کمینه –بیشینه

1 -Triange Algorithm
2- Otsu Algorithm
3 -Minimax Algorithm

تشخیص این نقاط منجر به تعیین محدوده سایه اطراف ذرات رسوب می‌شود. این عمل با مشتق گیری از پیکسل های تصویر انجام می شود (شکل ۵ د). یکی از نوآوری های تحقیق حاضر استفاده از فیلتر بازسازی تصویر با استفاده از تصویر نشان‌گذاری شده گرادیان، می‌باشد که به‌منظور حذف اغتشاش و خلل و فرج‌های موجود در تصویر ابتدایی اعمال می‌شود. فیلتر مذکور به‌دلیل بازسازی تصویر و تعیین دقیق محدوده‌ها، قابلیت بهتری در آستانه‌گیری از خود نشان می‌دهد. در این پژوهش از گرادیان تصویر به عنوان تصویر نشان گذاری شده جهت بازسازی تصویر استفاده شده است (شکل ۵ ه). تعیین آستانه یکی از بخش های اساسی در هر پروژه پردازش‌تصویر می‌باشد، که تاکنون روش‌های متفاوتی برای آن ارائه شده است. از جمله مشهورترین این روش‌ها می‌توان به روش‌های الگوریتم مثلث، الگوریتم آتسو و الگوریتم کمینه-بیشینه اشاره نمود. لیو و همکاران[1] (۲۰۱۶) برای تعیین حداکثر فاصله نمایش داده شده در شکل (۷ الف) با استفاده از روش الگوریتم مثلث نسبت به بهینه سازی تابع هدف نشان داده شده در رابطه (۱) مبادرت ورزیدند:

$$-\min\left\{\sum_{y_j<y_i}\frac{y_j-y_{\min}}{(y_i-y_{\min})\times\left|\left\{y\,|y<y_i\right\}\right|},\ \sum_{y_j>y_i}\frac{y_j-y_{\min}}{(y_i+y_{\max}-2y_{\min})\times\left|\left\{y\,|y>y_i\right\}\right|}\right\} \quad (۱)$$

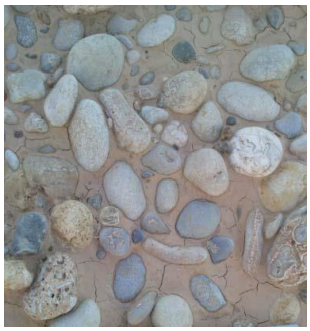
در رابطه (۱)، $y_{\min}$ و $y_{\max}$: به‌ترتیب شدت نور کمینه و بیشینه در نمودار بافت‌نگار ستونی تصویر می‌باشد. این بهینه‌سازی بر کلیه پیکسل های تصویر اعمال می‌شود. برای این منظور، شدت نوری که بیشترین فرکانس($y_{\max}$) را دارد، توسط خط چینی به شدت نور با کم‌ترین فرکانس($y_{\min}$) متصل می‌شود، سپس از نقطه میانی خط‌چین عمودی به سمت نمودار ترسیم می‌شود تا به نمودار بافت‌نگار برخورد کند، بهینه‌سازی رابطه (۱) فاصله طولانی‌ترین خط عمود برخط‌چین تا نمودار بافت‌نگار ستونی را استخراج می‌کند. شدت نوری که در محل برخورد خط عمود و نمودار بافت‌نگار ستونی مستقر است، به‌عنوان پارامتر آستانه روشنایی انتخاب می‌شود (گونزالس و وودز[2]، ۲۰۰۲). شکل (۷) عملکرد سه الگوریتم معروف آستانه‌یابی را نمایش می‌دهد. با توجه به نتایج شکل (۷) استفاده از الگوریتم آتسو در این تحقیق عملکرد بهتری برای تعیین آستانه روشنایی از خود نشان داد. پس از تعیین آستانه روشنایی، میزان شدت نور هر پیکسل در تصویر با میزان آستانه مقایسه می‌شود، اگر مقدار بزرگ‌تر از آستانه باشد عدد یک به آن پیکسل اختصاص می یابد و در غیر این‌صورت عدد صفر به پیکسل مربوطه تعلق می‌یابد. در این حالت تصویر به‌حالت باینری (صفر و یک) تبدیل خواهد شد. پیکسل با مقادیر یک در واقع نقاط مربوط به ذرات تشخیص داده شده توسط الگوریتم می‌باشد و پس زمینه (با مقادیر صفر) به‌صورت سیاه باقی می‌ماند (شکل ۵ و). فیلتر بستن، یک عملگر مورفولوژی تصویر می‌باشد، که با به‌وجود آوردن یک ماسک با مساحت معین و مقایسه آن با مجموعه پیکسل‌های تصویر، قسمت‌هایی از تصویر که از مساحت ماسک ایجاد شده کمتر می‌باشد، را حذف می‌کند. این فیلتر منجر به حذف اغتشاش‌های به‌وجود آمده بر اثر آستانه‌گیری می‌شود و محدوده های استخراج شده را از هم تفکیک می کند(شکل ۵ ز). نهایتاً برای تعیین محدوده‌ها، از روش برازش بیضی استفاده شده است (شکل ۵ ح).

الگوریتم حوضه آبخیز

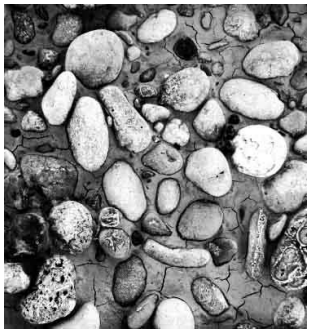
در بخش دوم تحقیق از الگوریتم حوضه‌آبخیز برای دانه‌بندی لایه آرمور در بستر رودخانه های آبرفتی استفاده شده است. در واقع یکی از روش‌های رایج برای قطعه‌بندی، تصاویر الگوریتم حوضه آبخیز می باشد، که توسط میر و بوچر[3] (۱۹۹۰) بسط داده شد. وینسنت و سالی (۱۹۹۱) بهره‌وری این فیلتر را ارتقا دادند. الگوریتم حوضه آبخیز در مطالعات مربوط به مواد تشکیل دهنده بستر رودخانه‌ها توسط باتلر و همکاران[4] (۲۰۰۱) مورد استفاده قرار گرفت. الگوریتم حوضه آبخیز، گرادیان تصویر یا تصویر با مقیاس خاکستری را به صورت یک سری نقشه های توپوگرافیک در نظر می‌گیرد، که سیلابی با یک نرخ ثابت بر آن جاری می‌شود. آب از قله این برآمدگی‌ها جاری شده و در نقاطی پایین حوضه‌آبخیز، که محل تجمع سیلاب می‌باشد به هم متصل می‌شوند و خطوط قطعه‌بندی الگوریتم حوضه‌آبخیز را به‌وجود می‌آورند. در واقع دلیل نامگذاری این الگوریتم مشابهت عملکرد آن با حوضه آبخیز می‌باشد. شکل (۸) مراحل مختلف به‌کارگیری روش پردازش تصویر را با استفاده از الگوریتم حوضه آبخیز به تصویر کشیده است.

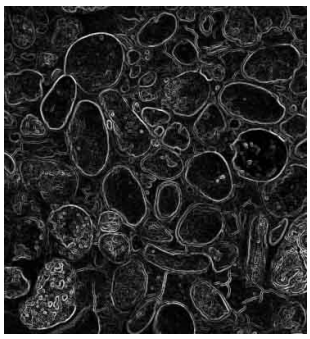
استفاده از این فیلتر منجر می شود ذراتی که در تماس با یکدیگر بوده و یا هم‌پوشانی دارند، به صورت خودکار از هم جدا شوند. براساس مطالعات گراهام و همکاران (۲۰۰۵)، دانه‌بندی مصالح به روش الگوریتم حوضه آبخیز از مسائل و مشکلات کمتری برخوردار است. عملکرد الگوریتم حوضه آبخیز در تصویرهایی که از ذرات ریزدانه بیشتری تشکیل شده‌اند و یا به عبارتی ذرات از پراکندگی کمتری برخوردارند، مناسب‌تر است. بر اساس مطالعات گونزالس و وودز (۲۰۰۲)، تنها ضعف روش الگوریتم حوضه آبخیز اعمال هم‌پوشانی بیش از حد معمول در محدوده‌بندی ایجاد شده بر ذرات در تصویر می‌باشد که در تحقیق حاضر نیز مورد تأیید قرار گرفته است.

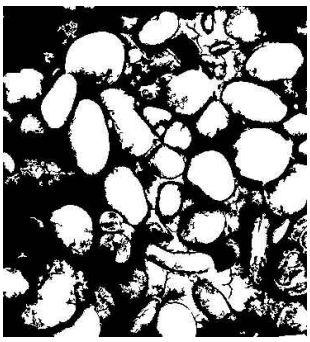
1- Liu *et al.*
2 - Gonzalez and Woods
3- Meyer and Beucher
4 - Butler *et al.*


الف) تصویر رنگی (۲۵۶ بیتی)

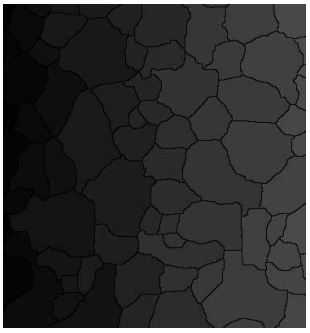

ب) تصویر خاکستری (هشت بیتی)

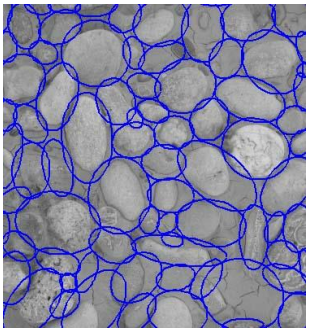

ج) تعدیل بافت‌نگار تصویر


د) گرادیان تصویر با استفاده از مشتق‌گیری پیکسل‌های تصویر


ه) آستانه‌گیری از تصویر با استفاده از گرادیان


و) اعمال فیلتر بستن جهت تفکیک محدوده ذرات


ز) اعمال الگوریتم حوضه آبخیز


ح) برازش بیضی بر محدوده استخراج شده

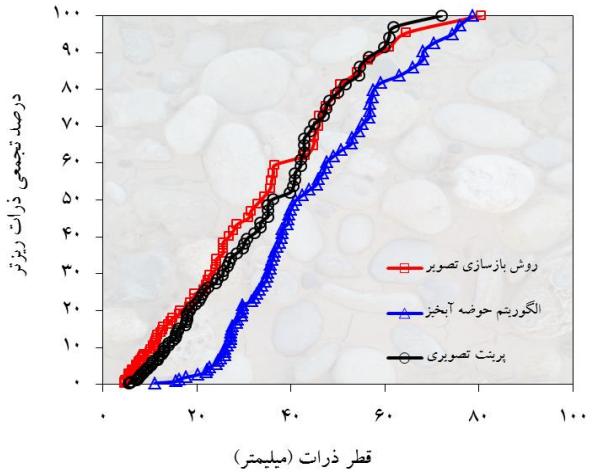
شکل ۸- مراحل الگوریتم حوضه آبخیز

نتایج و بحث

هدف از تحقیق حاضر استخراج قطر ذرات و به تبع آن استخراج منحنی توزیع دانه‌بندی لایه آرمور در رودخانه‌های با بستر آبرفتی می‌باشد. نتایج حاصل از به‌کارگیری الگوریتم‌های حوضه آبخیز و بازسازی تصویر در خصوص تعیین منحنی دانه بندی ذرات در شکل (۹) نمایش داده شده است. هم‌چنین به‌منظور فراهم آوردن بستری مناسب برای ارزیابی کمی و کیفی نتایج، منحنی دانه‌بندی حاصل از اندازه گیری مقادیر طول بزرگ‌ترین محورکلیه ذرات با استفاده از روش چاپ تصویری، به عنوان مبنا در شکل (۹) به تصویرکشیده شده است. مقایسه نتایج حاصل از روش چاپ تصویری در مقایسه با روش‌های بازسازی تصویر و الگوریتم حوضه‌آبخیز در تعیین قطر ذرات به ترتیب در شکل های (۱۰) و (۱۱) نمایش داده شده اند.

مقایسه کیفی نتایج حاکی از چولگی زیاد نتایج روش حوضه آبخیز می‌باشد.

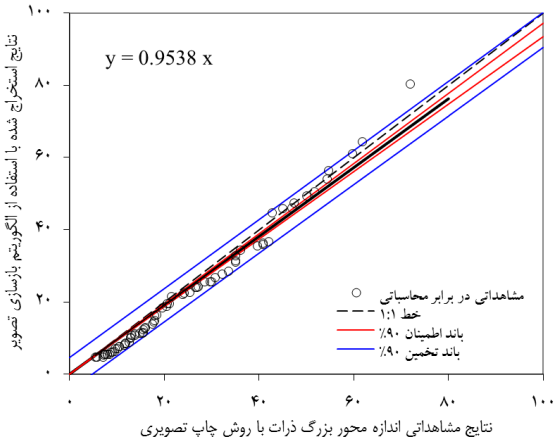
به منظور ارزیابی کمی نتایج روش های پیشنهادی برای تخمین منحنی دانه‌بندی ذرات لایه آرمور در رودخانه‌های آبرفتی از توابع تحلیل‌گر خطا از جمله ریشه میانگین مربعات خطا، درصد میانگین خطا، خطای استاندارد تخمین، راندمان مدل استفاده شد. نتایج مذکور در جدول (۱) خلاصه شده‌اند. با استفاده از شیب خط برازش شده از بین نتایج مدل‌های پردازش تصویر، در مقابل روش چاپ تصویری، قابلیت هر یک از مدل های پیشنهادی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین ارزیابی نتایج شکل (۱۰) در مقابل شکل (۱۱) نشان می‌دهد که گستردگی باند تخمین روش حوضه آبخیز تقریباً دو برابر گستردگی باند تخمین روش بازسازی تصویر می‌باشد.



شکل ۹- نتایج حاصل از روش‌های حوضه‌آبخیز و بازسازی تصویر در مقایسه با روش چاپ تصویری

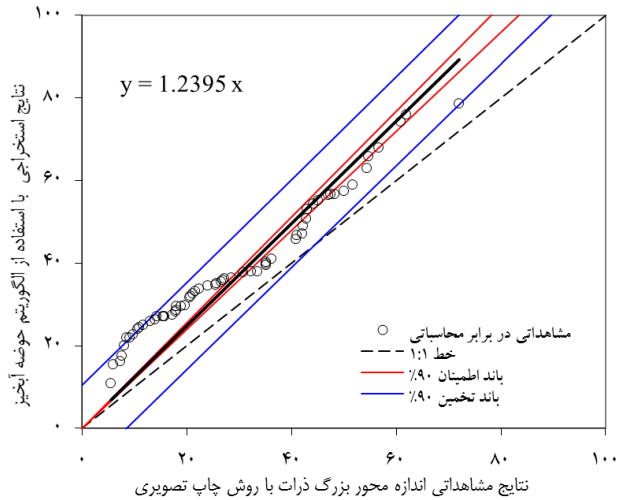
جدول۱ - مقایسه توابع خطای حاصل از مقایسه نتایج دو روش بازسازی تصویر و حوضه آبخیز

روش	ریشه میانگین مربعات خطا	درصد میانگین خطا	خطای استاندارد تخمین	راندمان معادلات	ضریب زاویه
چاپ تصویری در مقایسه با بازسازی تصویر	۳/۰۴۵۹	-۱۵/۵۸	۱/۷۹۰۹	۰/۹۶۳	۰/۹۵۳۸
چاپ تصویری در مقایسه با الگوریتم حوضه آبخیز	۵/۰۰۲۷	۱۳۴/۹۸	۲/۵۵	۰/۶۶۷۴	۱/۲۳۹۵



شکل ۱۰- مقایسه نتایج حاصل از روش چاپ تصویری در مقایسه با الگوریتم بازسازی تصویر

شیب خط برازش شده از بین نتایج روش چاپ تصویری در مقابل با روش بازسازی تصویر دارای مقدار ۰/۹۵۳۸ می باشد و این گویای این مطلب است که روش بازسازی تصویر ۴/۶ درصد، مقدار قطر ذرات را کمتر از روش چاپ تصویری تخمین می زند. در نقطه مقابل، شیب خط برازش شده از بین نتایج روش چاپ تصویری در مقابل با الگوریتم حوضه آبخیز نشان می دهد، که در این روش مقادیر قطر دانه‌بندی لایه آرمور تقریباً ۲۴ درصد بیشتر از روش چاپ تصویری تخمین زده شده است. از طرفی میزان درصد میانگین خطای نسبتا بالای الگوریتم حوضه آبخیز گویای عدم توانایی این روش در تخمین قطر مصالح درشت دانه بسترهای آبرفتی می‌باشد. از مقایسه راندمان مدل‌های ساخته شده توسط هر دو روش پیشنهادی می‌توان دریافت که روش بازسازی تصویر با ۹۶ درصد و الگوریتم حوضه آبخیز با راندمانی معادل ۶۶ درصد قادر به تخمین قطر مصالح بستر می باشد، که این امر برتری کامل روش بازسازی تصویر را به رخ می‌کشد.



شکل ۱۱- مقایسه نتایج حاصل از روش چاپ تصویری با الگوریتم حوضه‌آبخیز

نتیجه‌گیری

در این تحقیق از روش پردازش تصویر برای تعیین توزیع دانه‌بندی ذرات در لایه آرمور بستر رودخانه‌های آبرفتی بهره گرفته شده است. برای این منظور پس از پیش پردازش تصویر، از بسط دو الگوریتم بازسازی تصویر و الگوریتم حوضه آبخیز در نرم‌افزار متلب جهت تعیین توزیع دانه‌بندی ذرات استفاده شد. تحلیل نتایج آماری توزیع قطر ذرات به‌دست آمده از دو الگوریتم یاد شده در مقابل روش چاپ تصویری نشان داد، که الگوریتم بازسازی تصویر مقدار قطر ذرات را ۴/۶ درصد کمتر از روش چاپ تصویری تخمین می‌زند و این در حالی است که نتایج حاصل از به‌کارگیری الگوریتم حوضه آبخیز ۲۴ درصد بیشتر از روش چاپ تصویری می باشد. منحنی دانه بندی حاصل از دو روش الگوریتم حوضه آبخیز و الگوریتم بازسازی تصویر در مقابل نتایج حاصل از روش چاپ تصویری به‌ترتیب دارای ریشه مربع میانگین خطای ۵ و ۳/۰۴ میلی‌متر می‌باشد. همچنین راندمان تخمین قطر ذرات در مدل بازسازی تصویر ۹۶/۳ درصد و الگوریتم حوضه آبخیز ۶۶ درصد می باشد که این امر حاکی از برتری نسبی الگوریتم بازسازی تصویر در مقابل الگوریتم حوضه آبخیز است. بر اساس مشاهدات به‌عمل آمده در این تحقیق، مهم‌ترین ضعف روش الگوریتم حوضه آبخیز، اعمال هم‌پوشانی بیش از حد در محدوده بندی ایجاد شده بر ذرات موجود در تصویر، تشخیص داده شد. این امر موجب بروز خطای بیش از حد معمول در مقایسه با روش بازسازی تصویر می‌گردد که از این نقطه نظر، نتایج با مطالعات گونزالس و وودز (۲۰۰۲)، مطابقت دارد. مشکل هم‌پوشانی ناشی از اعمال الگوریتم حوضه آبخیز، خطای قابل توجهی را در نتایج اعمال می‌کند، لذا برای رفع این مشکل می‌بایست، با توجه به نوع تصویر و اندازه ذرات موجود در تصویر، نوع فیلتر پردازشی برای تخمین اندازه ذرات انتخاب گردد. در واقع می بایست، در تصاویری که نوع ذرات تشکیل دهنده رسوبات، ریزدانه هستند و امکان تشخیص پس زمینه تصویر وجود ندارد، از الگوریتم حوضه آبخیز استفاده نمود، زیرا به دلیل عدم وجود فاصله میان ذرات اثر هم‌پوشانی ناشی از الگوریتم حوضه آبخیز برطرف می‌شود. همچنین در مواردی که سایز ذرات رسوبی به‌صورت درشت دانه می باشد و امکان تشخیص پس زمینه در تصویر میسر است، از فیلتر بازسازی تصویر استفاده نمود. در واقع دلیل برتری فیلتر بازسازی تصویر در این پژوهش نیز درشت‌دانه بودن ذرات رسوبی در تصویر انتخاب شده می‌باشد. ارزیابی نتایج نشان داد که گستردگی باند تخمین روش حوضه آبخیز تقریباً دو برابر گستردگی باند تخمین روش بازسازی تصویر می باشد، که این امر گویای چولگی زیاد نتایج الگوریتم حوضه‌آبخیز در تحقیق حاضر می‌باشد. نتایج روش چاپ تصویری در مقابل با روش بازسازی تصویر دارای مقدار ضریب زاویه ۰/۹۵۳۸ می‌باشد و این گویای این مطلب است که روش بازسازی تصویر ۴/۶ درصد، مقدار قطر ذرات را کمتر از روش چاپ تصویری تخمین می‌زند. در نقطه مقابل، شیب خط برازش شده از بین نتایج روش چاپ تصویری در مقابل با الگوریتم حوضه آبخیز نشان می دهد، که در این روش مقادیر قطر دانه‌بندی لایه آرمور تقریبا ۲۴ درصد بیشتر از روش چاپ تصویری تخمین زده شده است. از طرفی میزان درصد میانگین خطای نسبتاً بالای الگوریتم حوضه آبخیز گویای عدم توانایی این روش در تخمین قطر مصالح درشت دانه بسترهای آبرفتی می‌باشد. از مقایسه راندمان مدل‌های ساخته شده توسط هر دو روش پیشنهادی می‌توان دریافت که روش بازسازی تصویر با ۹۶ درصد و الگوریتم حوضه آبخیز با راندمانی معادل ۶۶ درصد قادر به تخمین قطر مصالح بستر می‌باشد، که این امر برتری کامل روش بازسازی تصویر را به رخ می‌کشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله نگارندگان از دانشگاه صنعتی جندی شاپور به پاس فراهم آوردن امکان این تحقیق قدردانی می‌نمایند.

منابع

۱- برقعی، آ.، ۱۳۸۵. راهنمای عملیات صحرایی نمونه‌برداری مواد رسوبی رودخانه‌ها و مخازن سدها . نشریه شماره ۳۴۹، وزارت نیرو سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور معاونت امور فنی.

۲- حسن‌نژاد شریفی، ف.، صمدی، آ. و آ.، عزیزیان. ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد روش پردازش تصاویر در تخمین ضریب زبری مانینگ در لایه سطحی بستر رودخانه‌ها، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۷(۴):۷۲۲-۷۱۱.

۳- عبدشریف اصفهانی، م.، کرباسی، م.، رجبی هشجین، م. و ا. کیاسالاری، ۱۳۸۴. معرفی روش عکس برداری شبکه ای از بستر رودخانه در تعیین دانه بندی لایه محافظ یک بستر درشت دانه (مطالعه موردی: رودخانه کرج). پنجمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان.

4- Aberle, J. and V. Nikora, 2006. Statistical properties of armored gravel bed surfaces. Water Resources Research, 42(11):114-128.

5- Barrett, P.J. 1980. The shape of rock particle. A Critical Review. 27: 291-303.

6- 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.

7- Buscombe, D. 2008. Estimation of grain size-distributionsand associated parameters from digital images of sediment. Sedimentary Geology, 210(1): 1–10.

8- Buscombe, D. 2013. Transferable wavelet method for grain-size distribution from images of sediment surfaces and thin sections, and other natural granular patterns. Sedimentology. 60(7): 1709-1732.

9- Butler, J.B., Lane, S.N. and J.H. Chandler. 2001. Automated extraction of grain-size data from gravel surfaces using digital image processing. Journal of Hydraulic Research, 39 (5): 519–529.

10- Chang, F.J. and C.H. Chung. 2012. Estimation of riverbed grain-size distribution using image processing techniques. Journal of Hydrology, 440:102–112.

11- Gonzalez, R.C. and R.E. Woods. 2007. Digital image processing. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jerscy ., pp. 675–683.

12- Graham, D.J., Reid, I. and S.P. Rice, 2005. Automated sizing of coarse-grained sediments: image-processing procedures. Mathematical Geology, 37 (1): 1–28.

13- Graham, D.J., Rollet, A. J., Rice, S.P. and H. Piegay. 2012. Conversions of surface grain-size samples collected and recorded using different procedures. Journal of Hydraulic Engineering, 138(10): 839–849.

14- Hoey, T.B. and R. Ferguson. 1994. Numerical-simulation of downstream fining by selective transport in gravel-bed rivers-model development and illustration. Water Resources Research, 30(7): 2251–2260.

15- Krumbein, W.C. 1941. Measurment and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. Journal of Sedimentary Petrology, 11(2): 64-72.

16- Liu, Y., Yu, Y., Zhou, X. and C. Wang. 2016. A new automatic threshold selecting criteria for spectroscopy data processing, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 161: 8–14.

17- Mao, L. and N. Surian, 2010. Observations on sediment mobility in a large gravel-bed river. Geomorphology, 114 (3): 326–337.

18- Mao, L., Cooper, J.R. and L.E. Frostick, 2011. Grain size and topographical differences between static and mobile armour layers. Earth Surface Processes and Landforms, 36 (10): 1321–1334.

19- Meyer, F. and S, Beucher. 1990. Morphological segmentation. Journal of Visual Communication and Image Representation, 1(1): 21–46.

20- Rice, S. P., Greenwood, M. T., and Joyce, C. B. 2001. Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organisation of macroinvertebrate fauna along river systems. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58(4):801- 824.

21- Rittenhouse, G. 1943. A visual method of estimating two dimensional sphericity. Journal of Sedimentary Petrology, 13(2): 79-81.

22- Russ, J. C. 1999. The image processing handbook. 3rd edition: CRC Press, Boca Raton, Florida.

23- Rubin, D.M., Chezar, H., Harney, J.N., Topping, D.J., Melis, T.S. and C.R. Sherwood. 2007. Underwater microscope for measuring spatial and temporal changes in bedsediment grain size. Sedimentary Geology, 202 (2): 402–408.

24- Strom, K.B., Kuhns, R. D. and H.J. Lucas, 2010. Comparison of automated image-based grain sizing to standard pebble-count methods. Journal of Hydraulic Engineering, 136(8): 461-473.

25- Vincent, L. and P. Soille. 1991. Watersheds in digital spaces – an efficient algorithm based on immersion simulations. Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 13(6): 583–598.

26- Wadell, H. 1932. Volume shape and roundness of rock particles. Journal of Geology, 40(5): 443-451.

27- Warrick, J.A., Rubin, D.M., Ruggiero, P., Harney, J., Draut, A.E. and D. Buscombe. 2009. Cobble cam: Grain-size measurements of sand to boulder from digital photographs and autocorrelation analyses. Earth Surface Processes and Landforms, 34(13): 1811–1821.

Shahid Chamran University of Ahvaz
Irrigation Sciences and Engineering **Vol. 40, No. 4, Winter 2018, p. 125-139**

EXTENDED ABSTRACT

An Estimation of the particle-size Distribution in gravel bed river Using Image Processing

M. Payesteh [1], B. Lashkar-Ara [2*] and M. Fathi-Moghadam[3]

1- M.Sc. Student, Department of Civil Engineering, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran.
2*-Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran.(*Lashkarara@jsu.ac.ir*)
3- Professor, Department of Water and Science Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Received:11 April 2016 Accepted:2 September 2016

Keywords: Soil Grading Curve, Image Processing, Matlab Software, , Watershed Algorithm , Image Reconstruction Algorithm.

Introduction

Distribution pattern of the river bed particles grading creates important issues in investigation of the hydraulic, geomorphological and ecological behavior of the river.. For example, surface grain-size variability is crucial for illustrating sediment transport (Hoey and Ferguson, 1994; Russ, 1999; Joyce et al., 2001).

Particle size characteristics that are dependent on particle size distribution are estimated in different ways, such as sieving method, sampling techniques in the field, photographic print method, and the other methods that have been suggested so far (Aberle and Nikora, 2006). The most prevalent method is the sieving method that obtains particle size distribution curve using cumulative weight of passing aggregation,.. It is obvious that, measurement of the particle size distribution based on field methods are time consuming, overwhelming and non-economic, so developing a fast and accurate method for measuring the particle size distribution of the river bed has a significant effect on civil and environmental engineering. Nowadays, this process is possible using image processing methods to automatically extract particle size using digital images of river bed. Various methods have been reported which aim to provide robust and automated estimates of grain size from images, falling under two broad categories classified by (Buscombe et al., 2010) as, respectively, ‘geometrical’ and ‘statistical’. Both techniques require imagery where the smallest grains are resolved by at least a few pixels. Statistical methods characterize grain size using a measure sensitive to image texture. These approaches have used autocorrelation (Warrick et al., 2009), semi variance or one of the several other methods, including fractals (Buscombe, 2013) and grey-level co-occurrence matrices. Geometrical methods use image processing techniques (principally, threshold and segmentation) to isolate and measure the visible axes (or portions of whole axes) of each individual grain (e.g. Graham et al., 2005; Chang &Chung, 2012). This research showed that new methods of image processing have an adequate potential to replace with previous traditional methods. Also, the percentage of human bias in methods such as field sampling or Sticky layer is very high for sampling of the Armor layer of the river bed, while the image processing method has enough power to take all the details and analysis of the data and it has a desirable accuracy compared to traditional methods.

This research, with using image processing toolbox in MATLAB software, tried to improve the detection filters and finally determined the size distribution of sedimentary particles of armor layer in the alluvial river bed.

Methodology

The photographic print is based on the contents of the publication number 349 of the Management and Planning Organization and is used to measure the sample observations (Burghaie, 2006). Five images were provided by Samsung Digital Camera (I8510) for the purpose of operating the research objectives from the Balaroud River basin located in the south of Andimeshk, Khuzetan province of Iran. This digital camera model has an eight-megapixel image resolution. The algorithms of MATLAB software have been used to determine the grain size of the armor layer. In this research, two different methods of watershed algorithm and an image reconstruction algorithm have been used to extract the diameter of the armor layer particles in the alluvial river bed. morphological operator of image reconstruct rebuild images with using marker image and mask image. Understanding the watershed transform requires that thought of a grayscale image as a topological surface, where the values of f(x,y) are interpreted as heights. Probablerain falling on this surface, it is clear that water would collect in the two areas labeled as catchment basins. Rain falling exactly on the watershed ridge line would be equally likely to collect in either of the two catchment basins. The watershed transform finds the catchment basins and ridge lines in a gray-scale image. Determining the threshold of brightness is one of the most basic steps in both algorithms. Determine the brightness threshold in different ways, including the triangle algorithm is showed in figure(1).

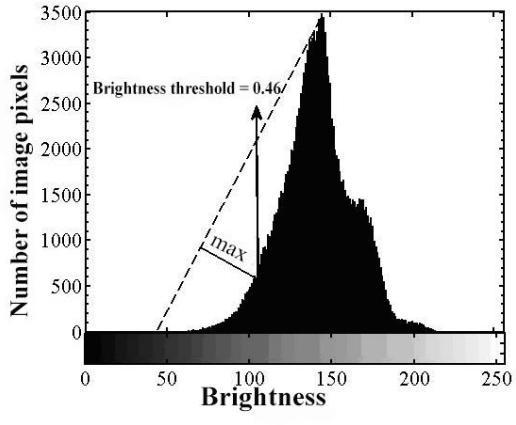


Figure 1- Schematic of determination of brightness threshold based on triangular algorithm

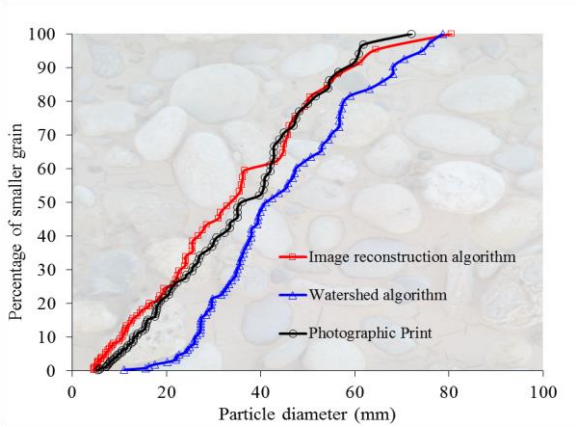


Figure 2- Results of watershed and image reconstruction algorithm compared to photographic print method

Results and Discussion

The purpose of this study is to extract the particle diameter and, consequently, to extract the Armor layer grain size distribution curve in alluvial rivers bed. The results of applying the watershed algorithms and image reconstruction on the determination of particle size distribution curves are shown in Figure 2. Also, to provide an appropriate conspectus for quantitative and qualitative evaluation of the results, the grain size curve obtained from measuring the lengths of the largest axis of the particles in the photographic print method is used as criterion, and results are illustrated in Figure 2. In order to quantitatively evaluate the results of the proposed methods for estimating the Armour layer particle size curve in alluvial rivers, error analysis functions such as root mean square error, mean error, standard error of estimation, model efficiency were used. The results are summarized in Table (1).

Conclusions

The analysis of the statistical results of the particle size distribution obtained from the two algorithms against the photographic print method showed that the image reconstruction algorithm estimates the particle size by 4.6% less than the photographic print method, while the results using the watershed algorithm is 24% more than the photographic print method. The Grain size curve obtained from the two methods of the watershed algorithm and the image reconstruction algorithm against the results of the photographic print method has a root mean square error of 5 and 3.04 mm. Also, the efficiency of particle diameter estimation in the image reconstruction model is 96/3% and the watershed algorithm is 66%, which indicates the relative superiority of the image reconstruction algorithm to the watershed algorithm.

References

1- Aberle, J. and V. Nikora, 2006. Statistical properties of armored gravel bed surfaces. Water Resources Research, 42(11):114-128.

2- Burgahi, A., 2006. Field Operations Manual for Sampling Sedimentary Rivers and Dams Reservoirs. No 349, Ministry of Energy, Office of Management and Planning, Deputy of Technical Affairs.

3- Buscombe, D. Rubin, D.M. and Warrick, J.A. 2010. A universal approximation to grain size from images of noncohesive sediment, J. Geophys. Res., 115, F02015.

4- Buscombe, D. 2013. Transferable wavelet method for grain-size distribution from images of sediment surfaces and thin sections, and other natural granular patterns. Sedimentology. 60: 1709-1732.

5- Chang, F.J. and C.H. Chung. 2012. Estimation of riverbed grain-size distribution using image processing techniques. Journal of Hydrology, 440–441: 102–112.

6- Graham, D.J., Reid, I. and S.P. Rice, 2005. Automated sizing of coarse-grained sediments: image processing procedures. Mathematical Geology, 37 (1): 1–28.

7- Hoey, T.B. and R. Ferguson. 1994. Numerical-simulation of downstream fining by selective transport in gravel-bed rivers-model development and illustration. Water Resources Research, 30(7): 2251–2260.

8- Joyce, C. B., Rice, S. P., Greenwood, M. T., & Joyce, C. B. 2001. Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organisation of macroinvertebrate fauna along river systems. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 58(4):801- 824

9- Russ, J. C. 1999. The image processing handbook. 3rd edition: CRC Press, Boca Raton, Florida.

10-Warrick, J.A., Rubin, D.M., Ruggiero, P., Harney, J., Draut, A.E. and D. Buscombe. 2009. Cobble cam: Grain-size measurements of sand to boulder from digital photographs and autocorrelation analyses. Earth Surface Processes and Landforms, 34: 1811–1821.