

بهبود کیفیت چاه‌نمودارهای تصویری الکتریکی با استفاده از پردازش تصویر برای شناسایی پدیده‌های زمین‌شناسی

میلاذ کرمی^۱، احمد کشاورز^۲، مهدی صادق‌زاده^۳

گروه مهندسی نرم‌افزار، دانشگاه آزاد اسلامی بوشهر
Karamimilad1@gmail.com

چکیده

چاه‌نمودارهای تصویری یکی از ابزارهای قوی و مورد استفاده برای شناسایی و تفسیر اطلاعات چاه‌های کربناته است. به کمک این تصاویر مجازی می‌توان پدیده‌های مختلفی مانند شکستگی‌ها، گسل‌ها، لایه‌بندی‌ها و ... را که نقش مهمی در چاه‌های کربناته دارند شناسایی و تفسیر کرد. به دلیل عواملی مانند گل حفاری، حرارت، خطاهای ناشی از دستگاه و ... تصاویر برداشته به دلیل وجود نوفه کیفیت مناسبی ندارند. امروزه به کمک تکنیک‌های پردازش تصویر می‌توان کیفیت تصاویر را در زمینه‌های مختلفی از جمله زمین‌شناسی و نفت بهبود داد. در این مقاله برای حذف نوفه از چاه‌نمودارهای تصویری، فیلترهای مختلفی بر روی این تصاویر پیاده‌سازی و مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل هم از نظر کیفی و هم با یک معیار کمی بررسی و ارزیابی شدند. نتایج حاصل نشان داد که روش فیلترینگ پایین‌گذر گوسی بهترین فیلتر برای بهبود این تصاویر و حذف نوفه است.

واژه‌های کلیدی: چاه‌نمودارهای تصویری، بهبود تصاویر، نوفه، پردازش تصویر

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی نرم‌افزار کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی بوشهر
- ۲- استادیار گروه مهندسی برق، دانشکده فنی، دانشگاه خلیج فارس بوشهر
- ۳- استادیار گروه مهندسی نرم‌افزار کامپیوتر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر

۱- مقدمه

با توجه به وجود ذخایر عظیم نفت و گاز در ایران به منظور پیشرفت و بهره‌وری حداکثر از منابع موجود، کار در این حوزه و صنعت از توجه ویژه‌ای برخوردار است. به همین دلیل شناسایی و شناخت دقیق مخازن کربناته اهمیت بسزایی در این صنعت دارد [۱]. با پیشرفت علم و تکنولوژی‌های جدید استفاده از ابزارها و روش‌های جدید به منظور افزایش سرعت کار، کاهش هزینه‌ها و ریسک می‌تواند در این حوزه استفاده شود. به همین دلیل روش‌ها و تکنیک‌های هوشمند در این حوزه بجای روش‌های قدیمی و دستی مورد توجه خاص در این صنعت قرار گرفته است.

شناسایی دقیق پدیده‌های موجود در مخازن با روش‌های هوشمند به منظور بهره‌برداری با راندمان بالاتر از مخازن کربناته بسیار مهم است. شکستگی‌ها یکی از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار در بهره‌برداری و اکتشاف مخازن و در حوزه‌های دیگر مثل مکانیک سنگ و منابع آب هستند زیرا این پدیده نقش موثری را در حرکت سیال و پایداری دیواره چاه و مدلسازی چاه‌های نفت دارد [۲].

هر نوع گسیختگی یا جدایش فیزیکی سنگ که ناشی از فزونی تنش‌ها بر مقاومت سنگ باشد که ممکن است به دلیل مکانیزم‌های طبیعی، عوامل حفاری و ... در سنگ صورت گیرد شکستگی نامیده می‌شود [۱].

در حال حاضر روش‌های مختلفی برای شناسایی شکستگی‌ها در چاه‌های نفت وجود دارد ولی شناسایی شکستگی به‌وسیله چاه‌نمودارهای تصویری به دلایلی از جمله هزینه و زمان کمتر نسبت به سایر روش‌های شناسایی مخزن مانند تست مغزه و نیز بنا به دلایلی مثل عدم امکان شناسایی پدیده‌های بزرگتر از قطر مغزه با تست مغزه و امکان‌پذیر نبودن برداشت‌های متعدد مغزه در یک منطقه، مورد توجه و استفاده ویژه قرار دارند [۳]. اما از طرفی به دلیل پیچیدگی‌های مخزن شناسایی دقیق و دستی شکستگی‌ها و سایر پدیده‌ها در چاه‌نمودارهای تصویری کاری مشکل و حتی در برخی موارد امکان‌ناپذیر و وقت‌گیر است و نیز تفسیر انجام شده توسط کارشناسان انسانی در موارد زیادی به دلیل پیچیدگی‌ها و چگالی زیاد شکستگی‌ها یکسان نیست. به دلیل اهمیت بالای شکستگی‌های کوچک مقیاس در مخازن به‌طور طبیعی شکسته شده بخاطر مسایلی مانند پایداری دیواره چاه و حرکت سیال چاه از طریق این شبکه شکستگی‌ها، تکنولوژی جدیدی برای شناسایی شکستگی‌ها در صنعت نفت به نام چاه‌نمودارهای تصویری پا به عرصه صنعت نفت گذاشتند. در تصویربرداری از دیواره چاه پس از اندازه‌گیری خواص فیزیکی سنگ‌های دیواره مخازن با روش‌های مختلف، به منظور بررسی ویژگی‌ها و پدیده‌های موجود در دیواره، این سیگنال‌ها به تصاویر مجازی که این پدیده‌ها و ویژگی‌ها را به تصویر می‌کشند تبدیل می‌شوند، این تصاویر مجازی چاه‌نمودارهای تصویری خوانده می‌شوند [۴].

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که به دلیل اهمیت شکستگی‌ها در مخازن کربناته مطالعات مختلفی در این زمینه صورت گرفته است. وو (Wu) و همکارانش در سال ۲۰۰۴ در مقاله‌ای با عنوان بهبود تصویر و شبیه‌سازی سه بعدی چاه‌نمودارهای تصویری برای شناسایی شکستگی در چاه‌های کویت به بهبود تصاویر مخازن کربناته با استفاده از ترکیب انواع مختلف چاه-نمودارهای تصویری یک چاه پرداختند. در نتیجه بهبود تصاویر حاصل، تشخیص شکستگی در این تصاویر توسط کارشناسان راحت‌تر می‌توانست صورت گیرد [۵]. رویلین در سال ۲۰۰۵ در مقاله‌ای با عنوان بخش‌بندی تصاویر میکرومقاومتی با استفاده از تبدیل موجک دینامیک دوبعدی با استفاده از تبدیل موجک (wavelet) دوبعدی به بخش‌بندی تصاویر مخازن کربناته پرداخت. وی زیر تصاویر شکستگی و تخلخل را از تصویر چاه جدا کرد [۶]. ونگ (Wang) در سال ۲۰۰۵ در مقاله‌ای با عنوان یک الگوریتم بخش‌بندی مبتنی بر لبه برای ردیابی شکستگی سنگ با استفاده از الگوریتم valley-edge بدون استفاده از مقادیر آستانه به آشکارسازی لبه‌ها برای یافتن شکستگی در سنگ‌ها در تصاویر CCD گرفته شده از سنگ‌ها پرداخت. وی با استفاده از تکنیک چند مقیاسی برای آشکارسازی لبه‌ها از به‌وجود آمدن نوفه در تصاویر خودداری کرد [۷]. وی در سال ۲۰۰۷ در مقاله-ای با عنوان ردیابی شکستگی سنگ با استفاده از پردازش تصویر و ماشین بردار پشتیبان با استفاده از تصاویر گرفته شده از

سنگ با دوربین‌های پیشرفته CCD به پیاده‌سازی الگوریتم جدیدی برای شناسایی شکستگی در این تصاویر پرداخت. وی بعد از حذف نوفه با فیلتر میانه‌گیر (median) به بخش‌بندی تصویر مبتنی بر لبه پرداخت و با استخراج یازده ویژگی با استفاده از کلاسه‌بند ماشین بردار پشتیبان (Support vector machine) به جدا کردن شکستگی از سایر پدیده‌ها در تصاویر پرداخت. [۸].

خروبی (Kherroubi) در سال ۲۰۰۸ در مقاله‌ای با عنوان جداسازی اتوماتیک ردپاهای شکستگی‌های طبیعی باز از چاه-نمودارهای تصویری به جداسازی ردپاهای شکستگی با عملیات‌های مورفولوژیکی پرداخت. سپس با اطلاعات اولیه در مورد لایه‌شناسی چاه، به یافتن جهت اصلی شکستگی پرداخت و سپس با الگوریتم خوشه‌بندی به جداسازی شکستگی از سایر پدیده‌ها و دسته‌بندی ردپاهای متعلق به یک شکستگی پرداخت [۹]. ونگ (wang) در سال ۲۰۱۰ در مقاله‌ای با عنوان ردیابی و پردازش تصویر شکستگی‌های ریز سنگ با استفاده از تصویر ماوراء بنفش گرفته‌شده از سنگ‌ها در کنار تصاویر نوری به آشکارسازی لبه‌ها پرداخت. وی با استفاده از آشکارساز لبه Canny و آستانه‌گذاری، لبه‌ها را آشکار کرد. سپس به حذف نوفه و نازک‌سازی پرداخت و سپس نقاط اتصال شکستگی‌ها را یافت. در ادامه به اتصال تکه‌های مربوط به یک شکستگی و پرکردن بریدگی‌ها پرداخت [۱۰]. وی در سال ۲۰۱۰ در مقاله‌ای با عنوان آشکارساز لبه (Pulse coupled neural PCNN network) برای تصاویر شکستگی سنگ به‌وسیله روشی جدید برای آشکارسازی لبه‌ها از نوع خاصی از شبکه عصبی به نام PCNN برای شناسایی شکستگی‌ها استفاده کرد [۱۱]. سیف‌الهی و همکاران در سال ۲۰۱۲ در مقاله‌ای با عنوان روشی نو برای جداسازی شکستگی از چاه‌نمودارهای تصویری با روش‌های پردازش تصویر و هوش مصنوعی به جداسازی شکستگی‌های طبیعی از چاه‌نمودارهای تصویری پرداختند. آنها از ویژگی رنگ به عنوان پارامتر تعیین‌کننده نقاط مربوط به شکستگی استفاده کردند. آنها از الگوریتم شبکه خودسازمانده (SOM) برای جدا کردن پیکسل‌های نقاط شکستگی طبیعی استفاده کردند [۳]. آسوس (Assous) و همکاران در سال ۲۰۱۳ در گزارشی با عنوان آشکارسازی اتوماتیک ویژگی‌های صفحه‌ای در چاه‌نمودارهای تصویری یک الگوریتم جدید را برای آشکارسازی ویژگی‌های صفحه‌ای در تصاویر میکرومقاومتی چاه ارائه کردند. آنها نیز در بخش اصلی کار خود بر اطلاعات لبه برای جداسازی ویژگی‌های صفحه‌ای سینوسی تکیه کرده بودند [۱۲].

با توجه به ضرورت شناسایی شکستگی‌های طبیعی از جمله شکستگی‌های طبیعی باز که مسیر انتقال سیال نفت در زیر زمین هستند و وجود پیچیدگی‌هایی که در فوق به آنها اشاره شد، استفاده از روش‌های هوشمند و پردازش تصویر به منظور کمک به کارشناسان حوزه صنعت نفت برای شناسایی پدیده‌های زمین‌شناسی مورد توجه و ضرورت قرار گرفته است. استفاده از تکنیک‌های آنالیز و پردازش تصویر می‌تواند منجر به رسیدن به نتایج قابل قبول در این حوزه شود. ولی با وجود اهمیت شکستگی‌ها شاید به‌خاطر پیچیدگی‌های موجود در این زمینه مانند کیفیت ضعیف تصاویر و وجود پدیده‌های بسیار مشابه به هم در تصاویر ... کمتر مورد توجه و کار قرار گرفته است [۱۰].

چاه‌نمودارهای برداشتی از چاه‌ها بخاطر عواملی مانند کنتراست ضعیف تصاویر و وجود نویز و نیز بریدگی‌های موجود در تصاویر به دلیل عدم امکان برداشت تصویر از دیواره چاه بطور کامل مساله پردازش تصویر را با پیچیدگی روبرو می‌کند [۳]. در نتیجه عواملی مانند گل حفاری، سرعت حفاری و حرارت تولیدی داخل دستگاه و نیز عوامل محیطی تصاویر برداشتی از چاه‌ها دارای نوفه خواهند بود. به منظور رسیدن به نتایج مطلوب و بهبود نتایج در مراحل بعد مثل بخش بندی انجام پردازش‌های اولیه مانند حذف نوفه به منظور بهبود کیفیت تصاویر ضروری است [۳]. با توجه اینکه امروزه در صنعت نفت از نمودارهای تصویری به عنوان ابزاری کلیدی برای شناسایی و تفسیر پدیده‌های زمین‌شناسی از جمله شکستگی استفاده می‌شود تفسیر دقیق و رسیدن به نتایج درست و دقیق پدیده‌های موجود در چاه مانند شکستگی به کیفیت مناسب و خوب تصاویر به شدت وابسته است [۷]. تصاویر ضعیف نه تنها می‌تواند به تفسیر ضعیف که حتی می‌تواند منجر به نتایج اشتباه و نیز مدل‌سازی نادرست مخزن برای زمین‌شناسان منجر شود. بنابراین بهبود کیفیت تصاویر و کنترل کیفیت تفسیر تصاویر دو پارامتر کلیدی در شناسایی و آشکارسازی شکستگی‌ها هستند [۷]. در این مقاله با توجه به اهمیت بهبود چاه‌نمودارهای تصویری به منظور شناسایی پدیده‌های زمین‌شناسی و تفسیر آنها، فیلترهای گوناگونی به منظور بهبود کیفیت تصاویر بر روی تصاویر نمونه

پیاده‌سازی شده و با یک معیار مناسب دقت روش‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است. پس از بررسی کمی و کیفی روش‌های پیاده‌سازی شده بهینه‌ترین روش برای بهبود کیفیت تصاویر مورد مطالعه معرفی می‌شود.

۲- روش‌شناسی

بهبود تصاویر یکی از گام‌های اساسی برای دستیابی به نتایج بهینه در مراحل بعدی پردازش تصویر است. بهبود تصویر به معنای دستکاری یک تصویر به منظور رسیدن به تصویری است که نسبت به تصویر اصلی برای یک کاربرد خاص مناسب‌تر است [۱۳]. برای زمینه‌های مختلف بهینه‌ترین روش حذف نوفه و بهبود کیفیت تصاویر متفاوت است، بنابراین برای زمینه‌های مختلف کاربردی باید مطالعه و آزمایشات جداگانه روی تصاویر صورت گیرد (گنزالز). یک تئوری کلی برای بهبود کیفیت تصاویر وجود ندارد ولی به طور کلی بهترین معیار برای بررسی نتایج بهبود کیفیت تصاویر، کارشناس انسانی و سیستم بینایی انسان است [۱۳].

در این بخش تئوری فیلترهای گوناگون برای پردازش تصویر را به طور مختصر معرفی کرده و سپس در ادامه یک معیار کمی مناسب برای بررسی دقت فیلترها هنگامی که تصویر مرجع بدون نویز برای بررسی عملکرد فیلترها وجود ندارد را معرفی می‌کنیم. این معیار با تفسیر انسانی از تصاویر بهبود یافته مطابقت داشته و برای کاربردهای عملی پردازش تصویر که تصویر مرجع بدون نویز وجود ندارد مانند تصاویر حاصل از چاه‌های نفت مناسب‌ترین کمیت است.

یکی از انواع فیلترها، فیلترهای مکانی هستند. این فیلترها با تکیه بر اطلاعات مکانی و میزان رنگ و سطوح روشنایی پیکسل‌های یک تصویر، بهبود تصاویر را انجام می‌دهند. این فیلترها نسبت به فیلترهای فرکانسی، گستره کاربرد و آزادی عمل بیشتری را دارند. بطور مثال این فیلترها قابلیت انجام عملیات‌های غیرخطی را نیز برخلاف فیلترهای فرکانسی دارند [۱۳]. بنابراین در این مقاله ما بر روی برخی از پرکاربردترین فیلترهای مکانی برای بهبود تصاویر چاه متمرکز شده‌ایم. مکانیزم کلی فیلترهای مکانی بر این اصل استوار است که برای هر پیکسل یک همسایگی که شامل پیکسل‌های اطراف پیکسل مورد نظر است، در نظر گرفته و بر روی این پیکسل‌ها یک عملیات ریاضی انجام می‌شود. نتیجه پیاده‌سازی این عملیات ریاضی بر روی همه پیکسل‌های تصویر نوفه‌دار، یک تصویر بهبود یافته جدید است [۱۳].

در زیر فیلترهای مورد مطالعه در مقاله بطور مختصر معرفی می‌شود:

• فیلتر ملایم کردن (میانگین)

از فیلتر میانگین برای حذف جزئیات غیرضروری و نوفه در تصاویر استفاده می‌شود. این فیلتر پس از پیاده‌سازی بر روی تصاویر نوفه‌دار، آن‌ها را مات کرده و نوفه را کاهش می‌دهد. رابطه کلی این فیلتر برای یک پیکسل از تصویر و همسایگی تعریف شده برای پیکسل مورد بررسی بصورت زیر تعریف می‌شود [۱۳].

$$g(x, y) = \frac{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-a}^b w(s, t) f(x+s, y+t)}{\sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t)} \quad (1)$$

$f(x, y)$ روشنایی پیکسل تصویر ورودی، $g(x, y)$ روشنایی پیکسل بعد از اعمال فیلتر و $w(s, t)$ وزن‌های اعمالی به پیکسل تصویر ورودی برای پیاده‌سازی فیلتر میانگین بصورت وزنی است.

• فیلتر لاپلاسی (Laplacian)

این فیلتر برای هر پیکسل از تصویر نوفه‌دار، مشتق دوم را در راستای عمودی و افقی محاسبه کرده و به بهبود تصاویر نوفه‌دار می‌تواند منجر شود. رابطه این فیلتر بصورت زیر است [۱۳].

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (2)$$

• فیلتر Unsharpping

این فیلتر جزئیات و تغییرات ناگهانی در روشنایی پیکسل‌های تصویر را که ناشی از عواملی از جمله نوفه هستند، کاهش داده و منجر به بهبود تصاویر می‌شود. مراحل پیاده سازی این فیلتر بصورت زیر است [۱۳]:

گام ۱: تصویر اصلی را مات می‌کنند.

گام ۲: تصویر اصلی از تصویر مات شده تفریق می‌شود. تصویر حاصل را ماسک (mask) می‌خوانند.

گام ۳: ماسک تولیدی در گام ۲ را به تصویر اصلی اضافه می‌کنند. تصویر حاصل یک تصویر بهبود یافته خواهد بود.

• فیلترهای گرادیانی سوبل (Sobel)

این فیلتر از خاصیت مشتق اول در راستای عمودی و افقی که گرادیان خوانده می‌شود، برای بهبود تصاویر استفاده می‌کند. [۱۳]. این فیلتر بوسیله ماسک‌گذاری بر روی تصویر در راستای عمودی و افقی از تصویر مشتق اول گرفته و منجر به بهبود تصاویر می‌تواند شود.

• فیلتر پایین‌گذر گوسی (Gaussian Low Pass Filter)

فیلتر پایین‌گذر گوسی (GLPF) بصورت رابطه زیر تعریف می‌شود. در این رابطه D فاصله در حوزه فرکانسی تا مرکز و σ واریانس فیلتر گوسی است. این فیلتر ضمن کاهش نویز، این قابلیت را می‌تواند داشته باشد که اطلاعات ریز مفید تصویر را بجای نوفه از تصویر تا حد ممکن حذف نکرده و فقط نوفه را حذف نماید [۱۳].

$$H(u, v) = e^{-\frac{D^2(u, v)}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

• معیار بهینه ارزیابی کمی بهبود تصاویر

تصاویر دیجیتال در معرض انواع مختلفی از اعوجاج (Distortion) هستند. این اعوجاج‌ها در مراحل مختلف پردازش یعنی تولید، پردازش، فشرده‌سازی، ذخیره‌سازی، انتقال و بازیافت تصویر ممکن است به تصویر اعمال شوند. هر کدام از این اعوجاج‌ها ممکن است باعث افت کیفیت بصری (Subjective) تصویر شوند. از این رو باید روش‌های برای ارزیابی تصویر وجود داشته باشد که با استفاده از آن‌ها به کیفیت بصری تصاویر و یا الگوریتم‌های تصویرپردازی امتیاز دهیم [۱۴].

برای ارزیابی تصاویر دو روش اساسی وجود دارد. در روش اول با استفاده از ناظر انسانی تصاویر ارزیابی می‌شوند. به این روش اصطلاحاً طرفدارانه گفته می‌شود. در کاربردهایی که قرار است در نهایت تصاویر توسط کاربر انسانی مورد استفاده قرار گیرند، این روش تنها روش درست است. اما از عیب‌های این روش سخت بودن کار، وقت گیر بودن و هزینه بالای آن است. خصوصاً در روش‌هایی که با تکرار قرار است به جواب بهینه دست یابیم بکارگیری این روش نامناسب است. [۱۴].

روش دوم برای ارزیابی تصاویر که در اصطلاح به آن روش بی‌طرفانه گویند، از معیارهای کمی برای ارزیابی تصویر استفاده می‌کند. هر چه این معیارهای کمی مناسب‌تر انتخاب شوند نتیجه ارزیابی با این روش به روش اول نزدیک‌تر می‌شود. هر چند از قدیم در مقالات از معیارهایی مانند MSE، PSNR و غیره استفاده شده است که رابطه‌ی مستقیمی با کیفیت بصری تصویر ندارند ولی هدف بسیاری از تحقیقات فعلی ارائه‌ی معیاری مناسب‌تر جهت ارزیابی تصاویر است به گونه‌ای که کیفیت بصری تصاویر در آن لحاظ شود [۱۴].

یکی از مسائل مهم در روش‌های بی‌طرفانه وجود و یا عدم وجود تصویر اصلی (تصویر بدون اعوجاج) برای مقایسه با تصویر اعوجاج یافته است. روش‌های بی‌طرفانه با توجه به این موضوع به سه دسته تقسیم می‌شوند. در رهیافت اول که به آن مرجع کامل (Full-reference) گفته می‌شود، تصویر اصلی کاملاً وجود دارد. در مقابل در رهیافت بدون مرجع تصویر اصلی وجود ندارد. در رهیافت سوم که به آن مرجع کاهش‌یافته اطلاق می‌شود، برخی از ویژگی‌های تصویر اصلی به صورت اطلاعات جانبی موجود است.

با توجه به اینکه برای چاه‌نمودارهای تصویری، تصویر مرجع فاقد نوفه وجود ندارد، باید از یک معیار کمی مناسب که بدون تصویر مرجع بتواند به ارزیابی کمی روش‌های حذف نوفه و بهبود کیفیت تصاویر بپردازد. نتایج این معیار کمی باید با ارزیابی کیفی توسط ناظر انسانی و سیستم بینایی انسان مطابق باشد. مطالعات انجام شده نشان داد که یکی از بهترین‌ترین معیارهای کمی مطابق با خواسته ما معیاری به نام Q است. این معیار از طرق تجزیه مقادیر ویژه ماتریس گرادیان تصویر به ارزیابی کمی میزان بهبود تصویر مورد بررسی می‌پردازد [۱۵]. الگوریتم کلی محاسبه پارامتر کمی Q بصورت زیر است:

گام ۱: تصویر ورودی به تعدادی تصاویر کوچکتر با ابعاد مشخص که ماسک نامیده می‌شوند تقسیم می‌شود.

گام ۲: برای تصویر تقسیم‌شده فوق، ماسک‌هایی که ایزوتروپیک نیستند (anisotropic) را پیدا می‌کنیم.

گام ۳: مقدار پارامتر Q_K را با رابطه زیر برای ماسک‌های غیرایزوتروپیک یافته شده در گام قبل محاسبه می‌شود.

$$Q_K = S_1 \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} \quad (4)$$

S_1 و S_2 مقادیر ویژه گرادیان هر ماسک از تصویر تقسیم‌بندی شده است.

گام ۴: پارامتر کمی Q برای کل تصویر از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$Q = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^m Q_k \quad (5)$$

M تعداد کل ماسک‌های تصویر مورد ارزیابی و m ماسک‌هایی است که برای آن‌ها مقدار کمی به دلیل غیرایزوتروپیک بودن در گام ۳ محاسبه شد.

۳- پیاده‌سازی و نتایج

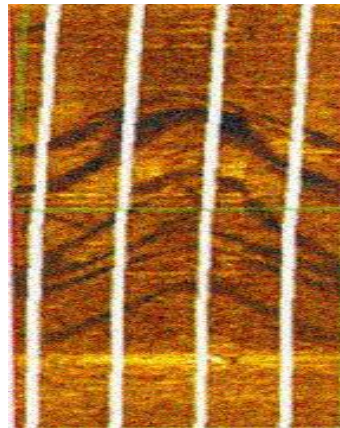
فیلترهای معرفی شده در بخش قبل بر روی مجموعه‌ای از چاه‌نمودارهای تصویری پیاده‌سازی شد. نتایج حاصل هم از نظر کیفی و هم از نظر کمی بوسیله معیار ارزیابی Q که در بخش قبل معرفی شد، مورد ارزیابی قرار گرفت.

شکل (۱) تعدادی از تصاویر مورد بررسی را که حاوی نوفه هستند نشان می‌دهد. در این تصاویر پدیده‌های مختلف زمین-شناسی مانند شکستگی‌های طبیعی و مصنوعی و لایه‌بندی‌ها نیز وجود دارند. کیفیت این تصاویر به دلیل نوفه ناشی از عواملی مانند گل حفاری، حرارت و ... کاهش یافته است.

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم‌اندیشان انرژی‌کیما ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱
www.Reservoir.ir



ج



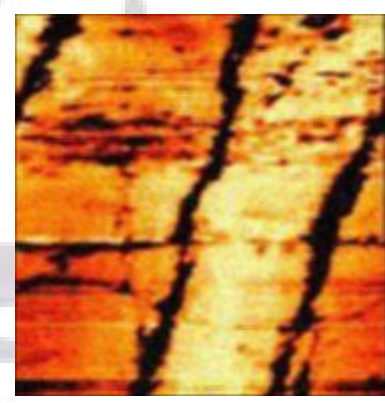
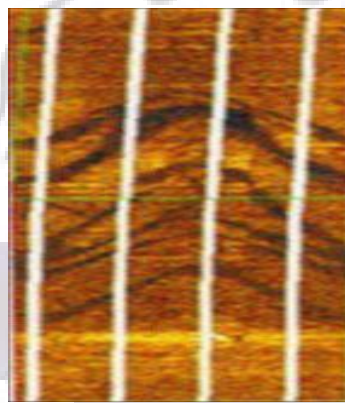
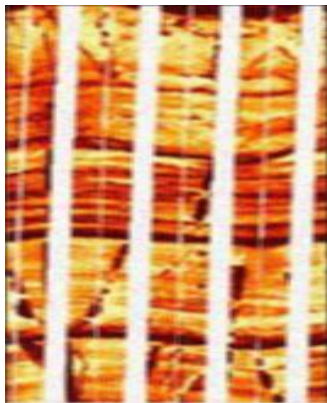
ب



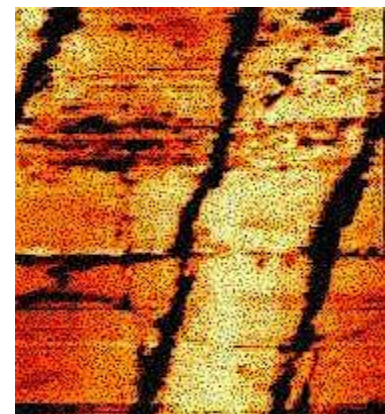
الف

شکل ۱. چاه‌نمودارهای تصویری نوفه‌دار

شکل (۲) نتایج حاصل بعد از پیاده‌سازی فیلترهای مورد بحث در این مقاله را نشان می‌دهد.

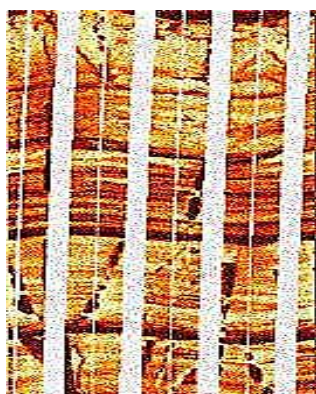


الف. نتایج فیلتر میانگین (ملایم کردن)

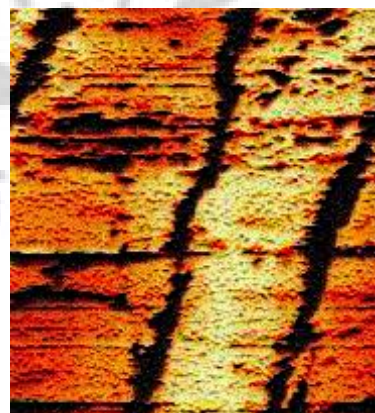
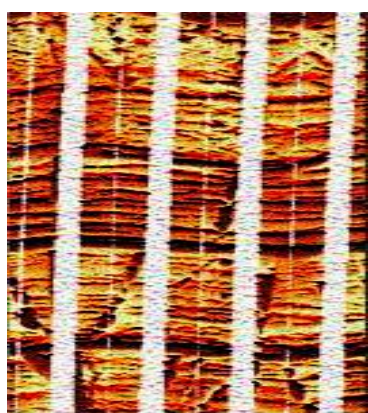


ب. نتایج فیلتر لاپلاسیان

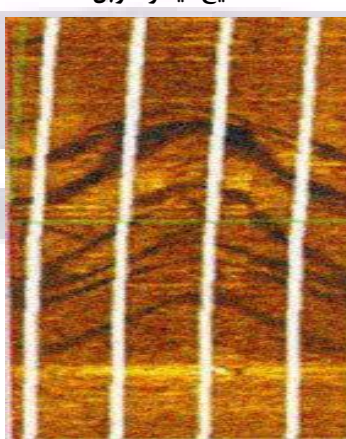
مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
 ۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
 مجری: هم‌اندیشان انرژی‌کیما ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱
 www.Reservoir.ir



ج. نتایج فیلتر Unsharpening



د. نتایج فیلتر سوبل



ه. نتایج فیلتر پایین‌گذر گوسی

شکل ۲. نتایج حاصل از پیاده‌سازی فیلترهای مختلف روی چاه‌نمودارهای نوفه‌دار

بررسی نتایج فوق به صورت کیفی نشان می‌دهد که فیلترهای میانگین و پایین‌گذر گوسی نتایج مناسب‌تری را نسبت به سایر فیلترها نشان می‌دهند. در بین این دو فیلتر اگرچه فیلتر میانگین جزئیات ریز و نوفه بیشتری را حذف کرده است ولی منجر به مات‌شدگی (blurring) بیشتر تصویر نیز شده است. این مساله می‌تواند منجر به کاهش کیفیت کار پردازش تصویر در مراحل دیگر کار روی این تصاویر مانند بخش‌بندی شود. بنابراین روش فیلتر پایین‌گذر گوسی به دلیل تکیه بر هر دو اصل کاهش نوفه

و حفظ اطلاعات اصلی تصویر روش بهینه‌تری از نظر کیفی برای بهبود چاه‌نمودارهای تصویری است. جدول (۱) نتایج این فیلترها را از نظر کمی برای بهبود تصاویر با معیار ارزیابی Q نشان می‌دهد.

جدول ۱. نتایج ارزیابی کمی با معیار Q برای فیلترهای مختلف پیاده شده روی تصاویر نمونه

فیلتر میانگین	فیلتر لاپلاسین	فیلتر Unsharpening	فیلتر سوپل	فیلتر پایین‌گذر گوسی	تصویر
۲/۷	۰/۰۴۹	۰/۰۱۴	۱/۵۹	۴/۴	تصویر ۱
۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	۰/۳	۷/۸	تصویر ۲
۲/۷	۰/۵۹	۰/۱۵	۰/۶	۳/۴	تصویر ۳

بررس نتایج کمی با معیار Q نیز در جدول (۱) نشان می‌دهد که فیلتر پایین‌گذر گوسی بهترین دقت را برای حذف نوفه و بهبود تصاویر چاه‌های کربناته دارد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله کیفیت چاه‌نمودارهای تصویری به عنوان یک ابزار قوی و مهم در حوزه نفت برای شناسایی و تفسیر پدیده‌های زمین‌شناسی با استفاده از فیلترهای گوناگون مورد آزمایش قرار گرفت. برای ارزیابی نتایج حاصل از حذف نوفه هم از نظر کیفی و بصری و هم با یک معیار کمی که متکی بر تصویر مرجع بدون نوفه نیست مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از این پارامتر دقت Q با نتایج بصری مطابقت داشت و فیلتر پایین‌گذر گوسی بهینه‌ترین فیلتر برای حذف نوفه در چاه‌نمودارهای تصویری (تصاویر مجازی دیواره چاه) بود.

مراجع

- [1] Khoshbakht F. (2006). "Application of borehole image logs in fracture study in one of oil field of south west Iran". Thesis of Msc, Tehran university, Tehran.
- [2] Prenskey S. (1999). "Advances in borehole imaging technology and applications". London: Geological society, Special Publications.
- [3] Seifallahi, M; Tokhmechi, B; Soleamani, A And Ahmady Fard, A. "A Novel Methodology For Fracture Extraction From Borehole Image Logs". The First International Conference Of Oil, Gas, Petrochemical And Power Plant. Tehran.Iran. (2012).
- [4] Luthi S. M. (2001). "Geological Well Logs: Their User in Reservoir Modeling". springer.
- [5] Wu H and Texaco C. "Image enhancement, and 3D visualization of borehole image logs in characterization of fracture in Kuwait". 11th Abu Dhabi international petroleum Exhibition and Conference. (2004). Abu Dhabi. SPE. (pp. 1-5).
- [6] Rui-Lin L. Yue-Qi W. Jian-Hua L and Yong M. "The Segmentation of FMI Image Based on 2-D Dyadic Wavelet Transform". APPLIED GEOPHYSICS. (2005)., 2, 89-93.
- [7] Wang W. "An edge based segmentation algorithm for rock fracture tracing". International Conference on Computer Graphics, Imaging and Vision: New Trends. IEEE. (2005). (pp. 43-48).
- [8] Wang W. Liao H And Huang Y." Rock fracture tracing based on image processing and SVM". Third International Conference on Natural Computation (ICNC). Haikou. IEEE. (2007). (pp. 632 - 635).

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم‌اندیشان انرژی‌کیما ۸۸۶۷۱۶۷۶ - ۰۲۱
www.Reservoir.ir

- [9] Kherroubi J. "Automatic Extraction of Natural Fracture Traces from Borehole Images". 19th International Conference on Pattern Recognition (ICPR). Tampa. (2008). IEEE (pp. 1-4).
- [10] Wang W and Wang X. "Micro Rock Fracture Image Acquisition And Processing". 2nd International Workshop on Intelligent Systems and Applications . Wuhan. IEEE(ISA). (2010). (pp. 1-4).
- [11] He C and Wang W. "A PCNN-based Edge Detection Algorithm for Rock Fracture Images". Symposium on Photonics and Optoelectronic (SOPO). Chengdu: IEEE . (2010). (pp. 1-4).
- [12] Assous, S., Elkington, P., Clark, S., & Whetton, J. (2013). "Automated Detection of Planar Geological Features in Borehole Images".
- [13] Gonzalez R and Wood R. E. (2008). "Digital image processing" (Vol. Third Edition). Prentice Hall.
- [14] Xiang Zhu, and Peyman Milanfar.(2010)."Automatic Parameter Selection for Denoising Algorithm Using a No-Reference Measure of Image Content".IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING,
- [15] Wang Z., Bovik, A. A new look at signal fidelity measures. IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE. (2009). (pp.98-117).
- [16] Zhu X., Milanfar, P. Automatic Parameter Selection for Denoising Algorithms Using a No-Reference Measure of Image Content. IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 19, NO. 12. (2010). (pp.3116-3132).