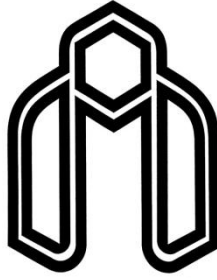


به نام خداوند بخشنده و بخشایسگر



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات  
گروه هوش مصنوعی

# طراحی و پیاده‌سازی نرم‌افزار استخراج مشخصه‌های مورد نیاز مخازن نفت و گاز با استفاده از تصاویر FMI

جواد غلام‌پور

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر پویان

اساتید مشاور:

دکتر حمید حسن‌پور

دکتر منصور ضیائی

پایان‌نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات

گروه هوش مصنوعی

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای جواد غلامپور

تحت عنوان: طراحی و پیاده سازی نرم افزار استخراج مشخصه های مورد نیاز مخازن نفت

و گاز با استفاده از تصاویر FMI

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۱/۱۵ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه بسیار خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	استاد راهنما
	آقای دکتر حمید حسن پور		آقای دکتر علی اکبر پویان
	آقای دکتر منصور ضیائی		

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	آقای مهندس حامد رحیم اف		آقای دکتر مرتضی زاهدی
			آقای دکتر هادی گرایلو

پیش به

تحقق بخش عدالت موعود

## سپاسگزاری

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند؛ و درود بر محمد و خاندان پاک او، طاهران معصوم، هم آنان که وجودمان وامدار وجودشان است؛ و نفرین پیوسته بر دشمنان ایشان تا روز رستاخیز ...

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، والاتر از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه‌ی او، با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگارم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین؛ بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر الله عزّ و جلّ"، نخست از پدر و مادر عزیزم، این دو معلم بزرگوارم که همواره بر کوتاهی و درشتی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت‌هایم گذشته‌اند و در تمام عرصه‌های زندگی یار و یآوری بی‌چشم‌داشت برای من بوده‌اند؛ و از همسر پر مهر و فرهیخته‌ام که از آغاز راه همواره مشوق، پشتیبان و همگام من بوده و کمک‌های شایانی در به ثمر رسیدن این پایان‌نامه نموده‌اند؛ سپاس فراوان دارم.

از استاد با کمالات و شایسته؛ جناب آقای دکتر پویان که در کمال سعه صدر، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند و زحمت راهنمایی این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند؛ از استاد صبور و با تقوا، جناب آقای دکتر حسن‌پور، مدیریت محترم دانشکده، و جناب آقای دکتر ضیائی که زحمت مشاوره این پایان‌نامه را در حالی متقبل شدند که بدون مساعدت ایشان، این پژوهش به نتیجه مطلوب نمی‌رسید؛ و از اساتید فرزانه و بزرگوار؛ جناب آقای دکتر زاهدی و جناب آقای دکتر گرایلو که زحمت داوری این پایان‌نامه را متقبل شدند؛ کمال سپاسگزاری را دارم.

همچنین از دوستان بزرگوار، دلسوز و مهربانم به ویژه جناب مهندس دهقان که با حمایت‌های همه‌جانبه‌شان زمینه‌ساز این شدند تا این مرتبه تحصیلی و پایان‌نامه درسی را به پایان برسانم، سپاسگزاری می‌نمایم.

باشد که این ناچیز، بخشی از زحمات همه‌ی بزرگواران را سپاس گوید.

## تعهد نامه

اینجانب **جواد غلام پور** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته هوش مصنوعی دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **طراحی و پیاده سازی نرم-افزار استخراج مشخصه های مورد نیاز مخازن نفت و گاز با استفاده از تصاویر FMI** تحت راهنمایی **جناب آقای دکتر پویان** متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافت های آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

### تاریخ

امضای دانشجو جواد غلام پور

بهمن ماه سال یکهزار و سیصد و نود

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن ( مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## چکیده

پس از ورود نمودارهای تصویری با قدرت تفکیک بالا از دیواره چاه به عرصه نفت، این تصاویر نقش مهمی را در ارزیابی مخازن بر عهده گرفته‌اند. مخازن کربناته ایران از نظر وجود شکستگی-های طبیعی شهرت جهانی داشته و دارای اهمیت فراوانی از نظر تولید نفت و گاز هستند، علاوه بر این، این مخازن دارای ساختارهای مخصوص به خود هستند.

در این پایان‌نامه به علت پوشش بالا و وضوح بالای تصویرگر FMI از این تصویرگر استفاده شده است. در این پژوهش، روشی جهت قطعه‌بندی تصاویر FMI جهت شناسایی قسمت‌های مختلف یک چاه و نیز شکستگی‌ها ارائه شده است.

در این روش پس از انتخاب ویژگی‌ها و نرمال‌سازی آن‌ها به کمک الگوریتم خوشه‌بندی بدون نظارت FCM تمام پیکسل‌های تصویر دسته‌بندی شده‌اند. در این الگوریتم از فاصله اقلیدسی به عنوان معیار تشابه استفاده شده است. در ادامه از الگوریتم KNN جهت تطبیق دسته‌ها با یکدیگر استفاده شده است. به دلیل اینکه بیشینه پوشش ابزار FMI، ۸۰ درصد سطح دیواره چاه می‌باشد، ستون‌هایی از تصویر FMI که توسط تصویرگر پوشش داده نشده‌اند، حذف می‌شوند. پس از آن از یک فیلتر غیر خطی جهت حذف ناهمواری‌ها در سطوح غیر لبه و حفظ لبه‌ها در تصویر استفاده شده است. در نهایت روش اتسو جهت آستانه‌گذاری خودکار به کار گرفته شده است.

روش ارائه شده، بر روی ۲۰ تصویر مختلف FMI اعمال شده است. نتایج نشان می‌دهد که دقت و کیفیت بسیار مناسبی از تشخیص شکستگی‌ها و قسمت‌های مختلف یک چاه به دست می‌دهد.

## لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

- [1] "The Segmentation of FMI Image Layers Based on FCM Clustering and Otsu thresholding", A. A. Pouyan, J. Gholampour, INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & ENGINEERING RESEARCH, VOLUME 3, ISSUE 3, 2012, ISSN 2229-5518, France (Accepted).



## فهرست مطالب

عنوان	صفحه
<b>۱ مقدمه</b>	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ تعریف مسئله	۳
۳-۱ ساختار پایان نامه	۴
<b>۲ مروری بر مطالعات پیشین</b>	۶
۱-۲ مقدمه	۷
۲-۲ مطالعات بررسی و مقایسه لاگ‌های تصویری مختلف و کاربرد آنها	۷
۳-۲ پژوهش‌های غیرخودکار و استفاده از تجربه‌ی متخصصان	۸
۴-۲ خودکارسازی به کمک تکنیک‌های پردازش تصویر و شناسایی الگو	۹
۵-۲ نتیجه‌گیری	۱۶
<b>۳ ابزارها و مفاهیم مورد استفاده</b>	۱۷
۱-۳ مقدمه	۱۸
۲-۳ نمودارهای تصویرگر	۱۸
۱-۲-۳ دوربین‌های ویدئویی درون چاهی	۱۹
۲-۲-۳ تصویرگرهای صوتی	۱۹
۳-۲-۳ تصویرگرهای مقاوم‌ی الکتریکی	۲۰
۳-۳ شکستگی‌ها	۲۵
۴-۳ نتیجه‌گیری	۲۷
<b>۴ روش پیشنهادی</b>	۲۸
۱-۴ مقدمه	۲۹
۲-۴ پیش پردازش	۳۲
۱-۲-۴ معادل سازی	۳۲
۲-۲-۴ بهنجارسازی	۳۳
۳-۴ الگوریتم خوشه‌بندی c میانگین فازی	۳۵
۴-۴ نرمال سازی ویژگی‌ها	۳۸
۵-۴ الگوریتم K نزدیکترین همسایه	۳۹
۱-۵-۴ تخمین چگالی توزیع داده‌ها به کمک الگوریتم KNN	۳۹
۲-۵-۴ تخمین احتمال‌های پسین	۴۰

۴۱	..... هموارسازی ۶-۴
۴۳	..... روش اتسو ۷-۴
۴۵	..... عملیات شکل شناسی ۸-۴
۴۵	..... ۱-۸-۴ عملیات سایش، انبساط، بستن و باز کردن
۴۸	..... روش پیشنهادی ۹-۴
۴۸	..... ۱-۹-۴ انتخاب ویژگی ها
۴۸	..... ۲-۹-۴ نرمال سازی بردار ویژگی ها
۴۸	..... ۳-۹-۴ استفاده از الگوریتم خوشه بندی c میانگین فازی جهت دسته بندی
۵۰	..... ۴-۹-۴ استفاده از الگوریتم K نزدیکترین همسایه جهت دسته بندی بهینه ..
۵۱	..... ۵-۹-۴ حذف ستون های پوشش داده نشده
۵۲	..... ۶-۹-۴ هموارسازی ..
۵۳	..... ۷-۹-۴ روش اتسو ..
۵۴	..... ۸-۹-۴ عملیات شکل شناسی ..
۵۶	..... ۱۰-۴ نتایج ..
۶۰	..... ۱۱-۴ نتیجه گیری ..
۶۱	..... <b>۵ نتیجه گیری و کارهای آتی</b>
۶۲	..... ۱-۵ نتیجه گیری ..
۶۳	..... ۲-۵ پیشنهادها ..
۶۵	..... <b>مراجع</b>

## فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱۰	شکل (۱-۲) چارچوب سیستم تشخیص ساختار سنگها [۶]
۱۱	شکل (۲-۲) مقایسه بین توزیع سنگها [۶]
۱۳	شکل (۳-۲) مراحل سیستم تشخیص آبشاری [۶]
۱۴	شکل (۴-۲) متدولوژی استفاده شده در [۷]
۲۲	شکل (۱-۳) ابزار تصویر برداری FMI [۱۱]
۲۳	شکل (۲-۳) همپوشانی تصاویر FMI و FMS [۱۲]
۲۵	شکل (۳-۳) گیرندههای تصویری FMI و FMS [۱۲]
۲۷	شکل (۴-۳) نمایش شکستگی شیب دار صفحه ای به فرم دو بعدی باز شده [۹]
۳۱	شکل (۱-۴) بلوک دیاگرام دسته‌بندی نواحی تصاویر FMI
۳۵	شکل (۲-۴) الف) تصویر استاتیک ب) تصویر پویا [۱]
۴۲	شکل (۳-۴) پیکسل $I_{n,m}$ و همسایه $3 \times 3$ آن
۴۷	شکل (۴-۴) عملیات شکل‌شناسی [۲۸]
۴۹	شکل (۵-۴) الف) تصویر اصلی ب) پس از اعمال FCM بر تمام سطرها
۵۱	شکل (۶-۴) تصویر خروجی پس از الگوریتم KNN بر تمام سطرهای تصویر اصلی
۵۲	شکل (۷-۴) تصویر پس از مشخص نمودن ستون‌های پوشش داده نشده جهت حذف
۵۳	شکل (۸-۴) تصویر حاصل پس از هموارسازی تصویر
۵۴	شکل (۹-۴) تصویر حاصل پس از آستانه‌گذاری اتسو
۵۵	شکل (۱۰-۴) الف) تصویر ورودی ب) تصویر حاصل پس از عملگر انبساط
۵۶	شکل (۱۱-۴) الف) تصویر ورودی ب) تصویر حاصل پس از عملگر بستن
۵۷	شکل (۱۲-۴) الف) تصویر ورودی ب) تصویر خروجی نهایی
۵۸	شکل (۱۳-۴) الف) تصویر ورودی ب) تصویر خروجی نهایی
۵۹	شکل (۱۴-۴) الف) تصویر ورودی ب) تصویر خروجی نهایی
۵۹	شکل (۱۵-۴) الف) تصویر ورودی ب) تصویر خروجی نهایی

## فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۴ .....	جدول (۱-۳) مقایسه خصوصیات تصویرگرهای FMI و FMS [۲]
۳۸ .....	جدول (۱-۴) معیارهای تشابه بر اساس توابع فاصله مختلف [۱۸]

## فصل اول

مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

بدلیل عدم دسترسی مستقیم به درون چاه، تهیه تصویر از دیواره چاه‌های نفت و گاز از اهمیت بسزایی برخوردار است. همواره زمین شناسان بدنبال شناسایی جزئیات بیشتری از خصوصیات لایه‌های نفتی از طریق تصویربرداری مستقیم از دیواره چاه می‌باشند.

نمودارهای تصویرگر بطور گسترده برای مشخص کردن شکستگی‌ها در مخازن بکار می‌روند. مغزه‌های جهتدار رابطه بین داده‌های حاصل از شکستگی‌ها و داده‌های جمع شده از مغزه‌ها و ابزارهای مختلف تصویرگر را برای تفسیر تصویری مشخص می‌نمایند.

در مخازن طبیعی شکافدار تولید هیدروکربن به درون شکستگیها و سپس به درون چاه صورت می‌گیرد و شکستگی‌ها نقش مهمی در تولید از مخازن بطور طبیعی شکسته شده ایفا می‌کند. محاسبه مقدار شیب، امتداد، باز یا بسته بودن و روند شکستگیها در مکانیزم تولید از اهمیت بسزایی برخوردار است. استفاده از نمودارهای تصویرگر به زمین‌شناسان و متخصصان پتروفیزیک در جهت ارائه مدل بهینه ذخیره کمک می‌کند.

شکستگی‌های طبیعی در مخازن شامل شکستگی‌های بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس هستند. شکستگی‌های بزرگ مقیاس مشخص بوده در حالی که برای شناسایی شکستگی‌های کوچک مقیاس اطراف چاه بیشتر روش‌ها مانند نمودارهای چاه‌نگاری، آزمایش چاه، بدلیل قدرت تفکیک پایین دارای دقت کافی نیستند. توصیف مغزه‌ها روش مناسبی برای پی بردن به پدیده‌های ریز در دیواره چاه است ولی بدلیل ضریب بازیافت پایین در نواحی شکسته، جهت‌دار نبودن و هزینه بالا نیازها را کاملاً برطرف نمی‌کند. بهمین دلایل تکنولوژی جدید نمودارهای تصویری عرضه شد که تصاویر با قدرت تفکیک بالا از دیواره چاه ارائه می‌داد. این نمودارها، تصویری مجازی از دیواره چاه هستند که ویژگی‌های فیزیکی دیواره چاه را مشخص می‌کنند. این اطلاعات در تکمیل چاه و برنامه توسعه میدان نظیر مسیر چاه‌های انحرافی نقش کلیدی دارد.

سازند آسماری مهمترین محل ذخیره نفت در ایران است و در مناطق کربناته تجمع یافته است. تقریباً ۸۵ درصد مجموع نفت ایران در سازند آسماری قرار گرفته است و یکی از ذخایر شناخته شده در جهان است. بنابراین مطالعه روی این موضوع هم در گذشته و هم در حال اهمیت ویژه ای دارد. این سازند در حوضه زاگرس به خوبی گسترش یافته است. اعتقاد بر این است که سازند آسماری دارای سیستم شکستگی خوبی است.

لاگهای متداول چاه پیمایی بدلیل قدرت تفکیک پایین در حد ۲ تا ۳ فوت، قادر به شناسایی لایه های نازک و صور ظریف در سازند نیستند. در حالی که وجود میان لایه های نازک شیلی و یا زونهای شکسته تأثیر بسزایی در کیفیت مخزن داشته و برای انجام عملیات تکمیل چاه از جمله مشبک کاری، ایجاد شکستگی و یا تعیین موقعیت چاههای افقی و انحرافی، شناسایی محل دقیق این زونها بسیار حایز اهمیت است. لاگهای تصویری دارای قدرت تفکیک بالایی بوده و توانایی تشخیص عوارض ظریف در حد ۵ میلیمتر را دارد و ابزار نیرومندی برای شناسایی ناهمگنی سازند، بویژه سازندهای کربناته است. نمودارهای تصویری از نقطه نظر رسوبگذاری و رسوبشناسی، برای شناسایی عوارض زمین شناسی، تعیین شیب و جهت شیب ساختارها، حصول اطلاعات سنگشناسی شکافها و رخساره های رسوبی و تعیین پارامترهای مخزن به کار می روند. کاربرد عمده نمودارهای تصویری، شناسایی و تعیین پارامترهای شکستگیها از جمله شیب، امتداد، میزان بازشدگی<sup>۱</sup>، باز یا بسته بودن آنها می باشد [۱].

## ۱-۲- تعریف مسئله

در این مطالعه نرم افزاری برای شناسایی، پردازش و تفسیر انواع شکستگیها و نیز آنالیز شکستگیها از نظر نوع، شیب<sup>۲</sup>، امتداد، میزان بازشدگی لاگهای تصویری FMI طراحی و پیاده-

<sup>۱</sup> Aperture

<sup>۲</sup> Dip

سازی گردید.

خودکارسازی بررسی و تحلیل تصاویر FMI به کمک روش‌های پردازش تصویر و تشخیص الگو با مدد جستن از تجربه متخصصان و مجربان امر، و در پی آن کاهش مدت زمان مورد نیاز جهت تحلیل و بررسی تصاویر و کاهش میزان خطاها، مهمترین اهداف و دلایل انتخاب این موضوع بوده است.

اگر چه امروزه، نرم افزارهای مشابه وجود داشته، اما با در نظر گرفتن طراحی شدن نرم افزارهای موجود برای مخازن و سرزمین های دارای شرایطی متفاوت با ایران و نیز هزینه گزاف استفاده از این نرم افزارها هر چه بیشتر بنده را در پیشبرد این موضوع ترغیب می نمود.

### ۱-۳- ساختار پایان نامه

در این پژوهش، سعی بر طراحی و پیاده سازی نرم افزار استخراج مشخصه های مورد نیاز مخازن نفت و گاز با استفاده از تصاویر FMI شده است. در این پایان نامه، ابتدا خلاصه ای از نمودارهای تصویرگر و کاربرد هر کدام در مخازن نفت و گاز ارائه می گردد. به دلیل کارایی بهتر روش تصویربرداری FMI در تشخیص و استخراج مشخصه ها، این روش تصویربرداری برای تحلیل های آتی انتخاب می شود. ساختار و محتوای پایان نامه شامل پنج فصل است که به طور مختصر در ادامه به فصل های آتی اشاره شده است:

فصل دوم- مطالعات پیشین: در این فصل مطالعات و پژوهش های صورت گرفته بر روی تصاویر FMI به سه دسته تقسیم شده است. در ادامه این فصل به شرح هر دسته از پژوهش های قبلی و بیان مزایا و نقایص هر کدام پرداخته شده است.



فصل سوم- ابزارها، روش‌های و مفاهیم مورد استفاده: در این فصل ابتدا انواع نمودارهای تصویرگر معرفی شده و به تفصیل به همه روش‌ها و موارد کاربرد آنها اشاره شده است. در ادامه این فصل، ابزارها، روش‌ها و مفاهیم تئوری استفاده‌شده در این پایان‌نامه بیان شده‌اند.

فصل چهارم- روش پیشنهادی: این فصل به تبیین روش پیشنهادی جهت قطعه‌بندی تصاویر FMI و استخراج مشخصه‌های سینوسی از تصاویر FMI به کمک الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌پردازد.

فصل پنجم- نتیجه‌گیری و کارهای آتی: جمع‌بندی روش پیشنهادی و نتایج حاصل از آن و کارهای آتی در این فصل ذکر می‌گردد.

## فصل دوم

### مروری بر مطالعات پیشین

## ۲-۲- مقدمه

به طور کلی مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته بر روی تصاویر FMI را می‌توان به سه دسته تقسیم نمود.

دسته اول پژوهش‌هایی‌اند که در آنها به بررسی و مقایسه لاگ‌های تصویری مختلف و کاربرد آنها اشاره شده است. این پژوهش‌ها در بخش ۲-۳- مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند.

دسته دوم مطالعاتی است که به صورت غیرخودکار و با استفاده از تجربه‌ی متخصصان به پژوهش در این زمینه پرداخته‌اند. در بخش ۲-۴- به طور مفصل به دسته دوم پرداخته شده است.

دسته سوم گروهی‌اند که به کمک تکنیک‌های پردازش تصویر و شناسایی الگو به بررسی تصاویر FMI و خودکارسازی فرآیندها همت گماشته‌اند. دسته سوم نیز در بخش ۲-۵- تشریح شده‌اند و مورد بحث قرار گرفته‌اند.

## ۲-۳- مطالعات بررسی و مقایسه لاگ‌های تصویری مختلف و کاربرد آنها

کیارش قنواتی در [۲] ابتدا انواع روش‌های تصویر سازی درون چاهی را به سه گروه

(۱) دوربین‌های ویدیویی درون چاهی

(۲) نمودارهای تصویرساز صوتی

(۳) نمودارهای تصویرساز مقاومت‌سنج

تقسیم‌بندی نموده و سپس به طور مفصل به شرح هر گروه پرداخته است.

ایشان در ادامه به نحوه تفسیر نمودار FMS و موارد کاربردی آن در ایران اشاره نمودند.

سمیرا باقرزاده به دلیل کربناته بودن مخازن ایران و اهمیت وافر شکستگی‌ها در تولید نفت از این

مخازن در [۳] به مطالعه دقیق شکستگی‌ها، شیب، جهت و امتداد آنها، شیب و امتداد لایه بندی‌ها

و گسترش شکستگی‌ها در لایه‌های مختلف پرداخته است.

ایشان از ابزار OBMI و UBI جهت مطالعه استفاده نموده‌اند. در این مقاله ابتدا مقایسه‌ای بین روش‌های متداول و نوین نمودارهای تصویرگر در تحلیل شکستگی‌ها صورت گرفته است. سپس اطلاعات برگرفته شده از تصاویر با اطلاعات استخراج شده از مغزه حاصل از چاه با هم مقایسه شده‌اند.

در پایان این مطالعه نشان داده شده است که استفاده از تفسیر نمودار OBMI و UBI با وجود اینکه دقتی کمتر از نمودار FMI دارد، ابزار توانمندی برای شناسایی گسل‌ها و ساختارهای زمین-شناسی در ابعاد کوچک در چاه‌هایی که امکان استفاده از نمودار FMI وجود ندارد، در اختیار متخصصان قرار می‌دهد.

## ۲-۴- پژوهش‌های تحلیل غیر خودکار و استفاده از تجربه‌ی متخصصان

رویو گراوند در [۴] به بررسی شکستگی‌ها و علل هرزروی گِل با استفاده از لاگ‌های تصویری FMI پرداخته است. ایشان با در نظر گرفتن این نکته که در تصاویر FMI شکستگی‌ها به صورت ساختارهای خطی دیده می‌شوند که شیب آنها معمولاً تندتر از شیب‌های ساختاری است، یکی از چاه‌های عمودی میدان پارس جنوبی (اعماق ۲۸۳۶ متری تا ۲۸۹۶ متری) را به صورت دستی و بدون هر گونه خودکارسازی مورد مطالعه قرار دادند.

در پایان ایشان به این نتیجه رسیده‌اند که هرزروی‌های گل در برخی از زون‌ها ناشی از وجود شکستگی‌های طبیعی و حفاری‌های بیشتر بوده است.

Rajabi و همکاران در [۵] چگالی و جهت بیشینه فشار افقی و رسانایی هیدرولیکی شکستگی‌های طبیعی مخازن کربناته ایلام را به کمک تصاویر با قدرت رزولوشن بالای FMI، در دو چاه مورد تحلیل قرار دادند.

بعلاوه وابستگی بین تقاطع‌ها و جهت‌های تخمین زده شده‌ی ناشی از فشارهای وارده، به کمک راه‌حل‌های مکانیسم نقاط زلزله مشخص می‌نماید که داده‌های راه حل مکانیسم نقاط کانونی

زلزله که معمولاً برای تحلیل میدان فشارهای نزدیک به حواشی (ناحیه‌های) دگرگونی غیرقابل اطمینان در نظر گرفته می‌شوند، ممکن است اطلاعات قابل اطمینانی را درباره‌ی جهت فشارها در نزدیکی نواحی تصادم (برخورد) قاره‌ای فراهم آورد.

در این مقاله فرآیند شناسایی شکستگی‌های باز از روی تصاویر FMI، به کمک رسانایی هیدرولیکی و با مشخص نمودن سه مجموعه از ضرایب به صورت

$$(1) \quad 160-170 \text{ N}$$

$$(2) \quad 110-140 \text{ N}$$

$$(3) \quad 070-080 \text{ N}$$

صورت می‌گیرد.

در این پژوهش، تحلیل و بررسی تصاویر بر اساس دید شهودی نویسندگان از تصاویر و تجارب و تخصص آنها صورت گرفته است.

## ۲-۵- خودکارسازی به کمک تکنیک‌های پردازش تصویر و شناسایی

### الگو

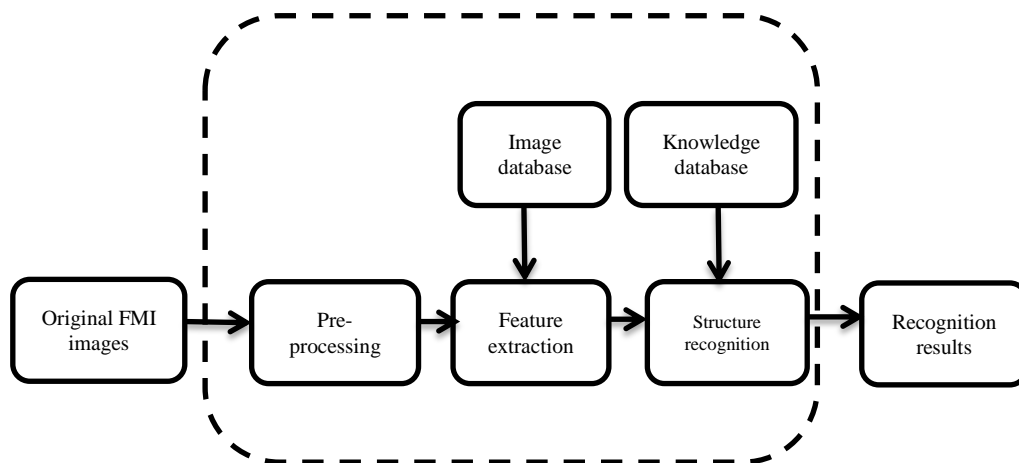
تصاویر FMI می‌تواند به طور مستقیم تغییرات چینه‌ها و لایه‌های دیوارها و ساختار سنگ‌ها را منعکس نماید و این یک پارامتر مؤثر جهت دسته‌بندی چینه‌هاست و نوع سنگ‌ها را جهت اکتشافات نفت و گاز مشخص می‌نماید.

افراد بیشتر تصاویر FMI را به طور سنتی و به صورت دستی مورد تحلیل قرار می‌دهند که به هر جهت کارایی پایین و حجم عظیمی از کارها را برای متخصصان در پی دارد.

Yin و همکاران در [۶] به کمک تکنیک‌های پردازش تصویر و تشخیص الگو یک سیستم خودکار جهت دسته‌بندی ساختار سنگ‌ها پیشنهاد نمودند.

در این سیستم، نخست مشخصه‌های ساختار سنگ‌ها در تصاویر FMI با دقت بسیار بررسی شده و سپس به عنوان مشخصه‌های اصلی در نظر گرفته شده‌اند. پس از آن این مشخصه‌ها در یک چارچوب دسته‌بندی مؤثر که توانایی مجتمع‌سازی دامنه دانش تجربی زمین شناسان را دارد، در نظر گرفته شده‌اند.

چارچوب سیستم تشخیص ساختار سنگ‌ها ذکر شده در بالا در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.



شکل (۱-۲) چارچوب سیستم تشخیص ساختار سنگ‌ها [۶]

سیستم دسته‌بندی در نظر گرفته شده شامل سه گام اصلی زیر است:

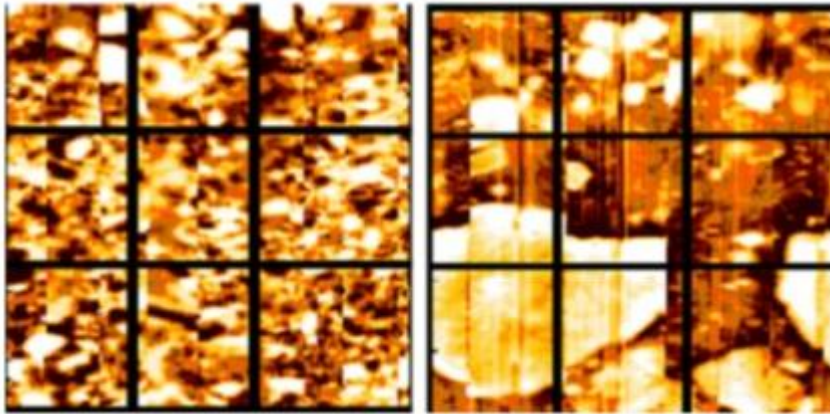
- ۱) محاسبه و انتخاب مشخصه‌های متعدد مؤثر و اصلی جهت تصاویر FMI
- ۲) ساختن دسته‌بندی متناظر با هر مشخصه
- ۳) ترکیب دسته‌بندی کننده‌ها به عنوان یک سیستم تشخیص آبخاری مؤثر

### استخراج و انتخاب مشخصه‌ها

در این مقاله با کمک گرفتن از زمین‌شناسان مجرب مشخصه‌های رنگ و شکل متعددی که به طور مشخص برای تصاویر FMI طراحی شده‌اند، انتخاب گردیده‌اند.

### استخراج مشخصه‌های رنگ

بر اساس مشاهده تصاویر سنگ‌های دارای ساختار متفاوت و نیز تجربه زمین شناسان متبحر، این نتیجه گرفته شد که خرده سنگ‌ها معمولاً سفید رنگ هستند و توزیع شدت رنگ آنها بسته به نوع



شکل (۲-۲) مقایسه بین توزیع سنگ‌ها: چپ؛ توزیع یکنواخت راست؛ توزیع ناهموار [۶]

سنگ تغییر می‌نماید. به طور مثال مطابق شکل ۲-۲ خرده سنگ‌های موجود در تصویر سمت چپ دارای توزیع یکنواخت هستند در صورتی که خرده سنگ‌های موجود در تصویر سمت راست ناهموارند.

این پدیده به مشخصه توزیع شدت روشنایی وابسته است. مشخصه توزیع شدت روشنایی به صورت زیر محاسبه شده است.

(۱) تقسیم تصویر به  $m \times n$  بخش

(۲) محاسبه نسبت نقاط دارای شدت روشنایی در هر بخش

(۳) به دست آوردن بردار حقیقی معادل با مقادیر به دست آمده در گام قبلی

با مقایسه مقادیر به دست آمده برای بخش‌های مختلف می‌توان تصمیم گرفت که توزیع خرده سنگ‌ها یکنواخت می‌باشد یا نه. به عبارت دیگر میانگین شدت روشنایی، مشخصه در نظر گرفته می‌باشد.

### استخراج مشخصه‌های شکل

مشخصه‌های شکل تا حدود زیادی می‌تواند اطلاعات ساختار اشیاء را منعکس نماید. در سیستم ارائه شده [۶] مشخصه‌های شکل شامل تعداد piercing ها و run-length می‌باشد. piercing به

معنای تغییر از سیاه به سفید در تصاویر دودویی می‌باشد که از تصاویر اصلی به کمک الگوریتم سطح آستانه اتسو<sup>۱</sup> محاسبه می‌شود. این مشخصه به صورت زیر محاسبه می‌شود.

(۱) بخش‌بندی تصویر به  $m \times n$  بخش

(۲) پیمایش هر بخش از تصویر به صورت عمودی یا افقی

(۳) شمارش تعداد *piercing* های اتفاق افتاده

(۴) در نظر گرفتن یک ماتریس  $m \times n$  از نوع عدد صحیح که هر عنصر آن معادل با شمارش حاصل از گام قبلی است.

run-length طول امتداد عرض یک بخش یکنواخت می‌باشد. این مشخصه به صورت زیر محاسبه می‌شود.

(۱) بخش‌بندی تصویر به  $m \times n$  بخش

(۲) پیمایش هر بخش از تصویر به صورت عمودی یا افقی

(۳) شمارش تعداد *run-length* زمانی که پیمایش به یک منطقه سفید وارد می‌شود.

(۴) در نظر گرفتن یک ماتریس  $m \times n$  از نوع عدد صحیح که هر عنصر آن معادل با *run-length* هر بخش می‌باشد.

### دسته‌بندی کننده‌ها و ترکیب آنها

در سیستم پیشنهادی این مقاله جهت دسته‌بندی ساختار سنگ‌ها از دسته بندی نزدیکترین همسایگی<sup>۲</sup> استفاده شده است. سیستم پیشنهادی این مقاله سنگ‌ها را به پنج نوع ساختار دسته‌بندی می‌نماید. این پنج نوع به ترتیب Lava، Tuff، Tuff Breccia، Volcanic Breccia و Ablation

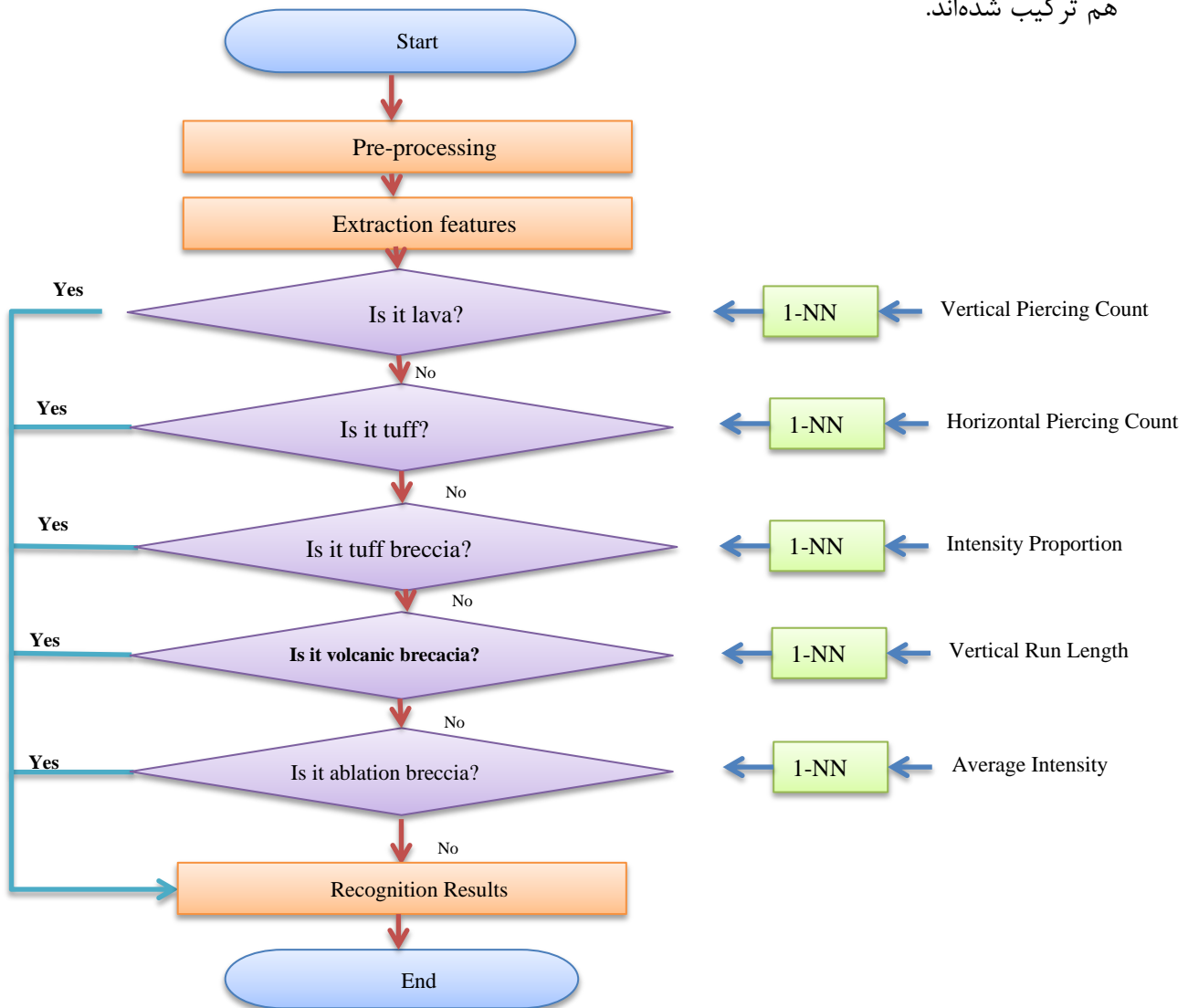
<sup>۱</sup> Otsu

<sup>۲</sup> Nearest neighbor



Breccia می‌باشند. در این مقاله دسته‌بندی کننده‌ها به صورت سلسله مراتبی و به شکل شکل ۲-۳ با

هم ترکیب شده‌اند.



شکل (۲-۳) مراحل سیستم تشخیص آبخاری [۶]

در پایان نویسندگان این مقاله ، سیستم طراحی شده را با تصاویر FMI صخره‌های واقعی مورد

آزمایش قرار دادند. نرخ متوسط دقت تشخیص سیستم پیشنهادی ۸۱/۱۱ درصد بوده که ۱۵/۵۵

درصد بالاتر از روش نزدیکترین همسایگی است.

این سیستم خودکار به طور قابل ملاحظه ای پیچیدگی و سختی تحلیل تصاویر ساختار سنگ‌ها را

جهت اکتشاف نفت و گاز کاهش می‌دهد.

Ferraretti و سایر همکاران در [۷] رویکرد جدیدی جهت تفسیر لاگ‌های تصویری و استخراج مشخصه‌های اصلی ساختار و قالب سنگ‌ها ارائه داده‌اند. در این پژوهش به کمک الگوریتم‌های پردازش تصویر، لاگ‌های تصویری مورد تحلیل قرار گرفته و پس از استخراج مقادیر عددی برای هر مشخصه، دسته‌بندی‌های سلسله‌مراتبی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

در ادامه شناسایی‌ها و دسته‌بندی‌های صورت گرفته به کمک روش پیشنهادی با نتایج حاصل از شناسایی‌های دستی زمین‌شناسان مقایسه شده است. مزیت اصلی این پژوهش این است که اولاً زمان تفسیر را از چند روز به چند ساعت کاهش داده است و ثانیاً از خطاهای انسانی اجتناب می‌شود.

به طور کلی، می‌توان رویکرد این مقاله را در چهار گام خلاصه نمود:

(۱) استخراج خودکار مشخصه‌ها از لاگ تصویری

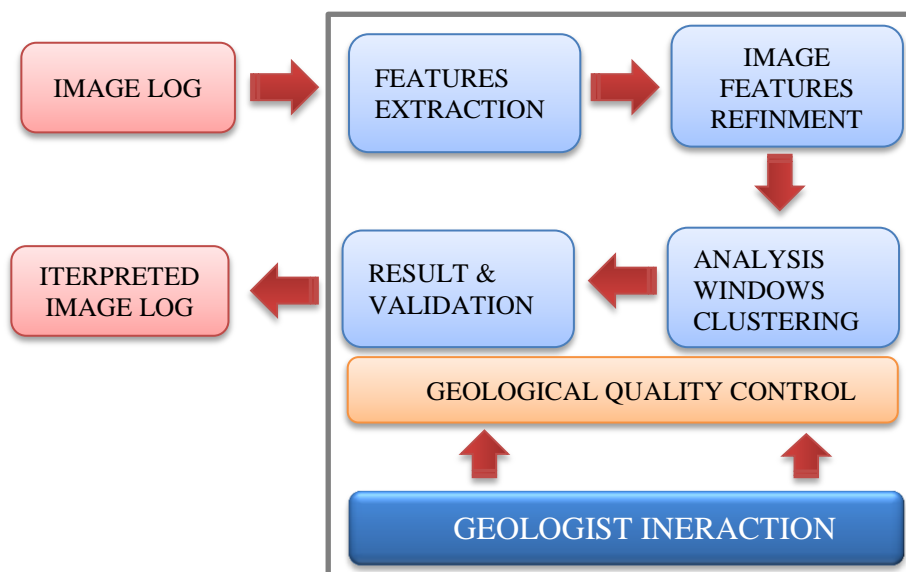
(۲) پالایش مشخصه‌ها و ارزیابی آنها

(۳) تحلیل و دسته‌بندی داده‌ها

(۴) تفسیر کلاس‌های تشکیل شده و ارزیابی آنها.

مراحل کار الگوریتم ارائه شده در این مقاله به صورت شماتیک در شکل ۲-۴ به تصویر کشیده

شده است.



شکل (۲-۴) روش استفاده شده در [۷]

## استخراج مشخصه ها

در این مقاله با این پیش فرض که در تصاویر FMI، گودال ها به صورت نواحی دایره‌ای یا بیضوی با رنگ یکنواخت با کنتراست<sup>۱</sup> بالا با پس زمینه مشخص می شوند، تصاویر از یک فیلتر با هسته<sup>۲</sup> دایره ای شکل عبور داده می شوند. به دلیل اینکه گودال ها و نمودارهای سینوسی تشخیص داده شده مشخصه‌های تأثیرگذار اما ناکافی جهت دسته‌بندی سنگ‌ها می‌باشند، با عبور دادن تصویر FMI از فیلتر FFT، کنتراست تصویر که به دلیل مشخص نمودن تغییرات مقاومت در قالب سنگ‌ها پارامتر قابل توجهی است، به دست می‌آید.

## دسته‌بندی

در این پژوهش از دسته‌بندی سلسله مراتبی استفاده شده‌است و دسته‌ها بر اساس میزان مشابهت<sup>۳</sup> انتخابی در فضای مشخصه‌ها با هم ادغام می‌شوند. معیارهای فاصله<sup>۴</sup> مورد استفاده عبارتند از Manhattan Pearson، فاصله اقلیدسی و استراتژی به‌هم پیوستگی<sup>۵</sup>.

Cheng و همکارانشان در [۸] به کمک مشخصه‌های ساختاری سنگ‌ها، یک سیستم تشخیص ساختار سنگ‌ها را با به‌کارگیری تکنیک‌های شناسایی الگوها و پردازش تصویر از روی تصاویر FMI ارائه داده‌اند.

در این مقاله نخست ، مهمترین مشخصه‌های مؤثر در ساختار سنگ‌ها از نظر رنگ و شکل ، برای تصاویر سنگ‌ها انتخاب و مشخص گردید. سپس به ازای هر مشخصه یک طبقه‌بندی کننده متناظر ایجاد شد. در نهایت از ترکیب تمام این طبقه‌بندی کننده‌ها سیستم تشخیص ساختار سنگ‌ها با استفاده از تصاویر FMI ایجاد شده است.

<sup>1</sup> Contrast

<sup>2</sup> Kernel

<sup>3</sup> Similarity measure

<sup>4</sup> Distance measure

<sup>5</sup> Linkage strategies

## ۲-۶- نتیجه‌گیری

در این فصل مطالعات و پژوهش‌های صورت گرفته بر روی تصاویر FMI به سه دسته تقسیم شده است. پس از بررسی هر سه دسته می‌توان این گونه بیان نمود که عدم خودکارسازی فرآیند تحلیل و بررسی تصاویر FMI یکی از عمده مشکلات موجود در این زمینه می‌باشد.

بنابراین در این پایان‌نامه سعی بر طراحی و پیاده‌سازی نرم افزار تحلیل و بررسی تصاویر FMI به صورت خودکار شده است.

## فصل سوم

ابزارها و معاینات مورد استفاده

### ۳-۱- مقدمه

در این فصل نخست در بخش ۳-۲، انواع تصویرگرها که شامل دوربین‌های ویدئویی درون چاهی، تصویرگرهای صوتی و تصویرگرهای مقاومتی الکتریکی‌اند، مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند. سپس در ادامه و در بخش ۳-۲-۲-۳-۲- ابزار تصویرگر FMI، که لاگ‌های این تصویرگر در این پایان‌نامه به عنوان تصاویر ورودی سیستم طراحی شده مورد تحلیل قرار گرفته‌اند، به تفصیل شرح داده شده است. در ادامه در بخش ۳-۳-۳، به شکستگی‌ها به عنوان یک مؤلفه مهم مورد توجه متخصصان نفت و گاز در تصاویر FMI، پرداخته شده است.

### ۳-۲- نمودارهای تصویرگر

نمودارهای تصویری به منظور بررسی‌های رسوبگذاری و رسوبشناسی، شناسایی عوارض زمین شناسی، شکافها و رخساره‌های<sup>۱</sup> تعیین شیب و جهت شیب ساختارها، حصول اطلاعات سنگ‌شناسی رسوبی و تعیین پارامترهای مخزن به کار می‌روند. کاربرد عمده نمودارهای تصویری، شناسایی و تعیین پارامترهای شکستگی‌ها از جمله شیب، امتداد، میزان بازشدگی و باز یا بسته بودن آنها می‌باشد. انواع تصویرگرها را می‌توان به دوربین‌های ویدئویی درون چاهی، تصویرگرهای صوتی و تصویرگرهای مقاومتی الکتریکی تقسیم نمود. ابزارهای ویدئویی و صوتی در حالت لوله‌ی جداری قابل استفاده بوده و می‌توانند برای چاه‌های تکمیل شده و تولیدی استفاده شوند.

<sup>1</sup> Lithology

### ۲-۲-۱- دوربین‌های ویدئویی درون چاهی<sup>۱</sup>

تکنولوژی تصویربرداری ویدئویی از یک دوربین کوچک و یک منبع نوری جهت تصویربرداری درون چاه استفاده می‌کند. مدل‌های متفاوت رنگی یا سیاه و سفید با کیفیت بالا و قدرت چرخش کامل دوربین عرضه شده است. این دوربین‌ها در چاه‌های قائم بکار گرفته شده‌اند.

ویدئوهای درون چاهی محدوده وسیعی از کاربردها را در بر می‌گیرد که عبارتند از:

۱. بازدید بصری از لوله‌ها و تجهیزات درون چاهی

۲. توصیف بصری از حفره باز

۳. بازدید بصری از سیال

۴. سرویس مانده‌یابی

۵. مشخص کردن نشت از لوله جداري و لوله مغزه

۶. تعیین محل‌های کاهش یافته تولید

۷. نمایش تجهیزات درون چاه [۲]

### ۲-۲-۲- تصویرگرهای صوتی

تصویرگرهای صوتی، تصویرگرهایی هستند که با فرستادن یک سیگنال توسط منبع و دریافت آن در جهات مختلف درون چاه، تصویری مجازی از دیواره و سازندهای اطراف چاه به ما می‌دهند. منبع فرستنده سیگنالها، در این تصویرگرها بصورت مارپیچی درون چاه می‌چرخد تا بتواند تصویری ۳۶۰ درجه از درون چاه به ما ارائه دهد. سیگنالهای صوتی که در این نوع از تصویرمورد استفاده قرار می‌گیرد معمولاً دارای فرکانس بالا هستند. از تصویرگرهای این رده می‌توان UBI، AST، CAST و CBIL را نام برد. [۱]

<sup>۱</sup> BHTV

### ۳-۲-۳- تصویرگرهای مقاومتی الکتریکی

تصویرگرهای مقاومتی الکتریکی تصویرگرهایی هستند که بر پایه تغییرات مقاومت سازندهای مختلف به ارائه تصویر مجازی از درون چاه می‌پردازند. الکترودهای کوچک و حساس نصب شده بر روی دستگاه مقدار مقاومت دیواره چاه را در جهات و اعماق مختلف می‌سنجند و بالاخره تصویر نهایی بعد از پردازش و کددهی بدست می‌آید. نحوه اندازه‌گیری مقاومت در جهات مختلف به سه صورت متفاوت است:

۱. چند بازویه: در این نوع دستگاهها چندین بازو وجود دارد که سنسورهای ریزی بر روی آنها نصب شده اند. این بازوها در جهات مختلف درون چاه هستند که نهایتاً منجر به تولید تصویر کامل از چاه می‌شود.

۲. الکتروود چرخان: این الکتروودها با اتصال به drill collar با آن می‌چرخند و در حین چرخش، مقاومت دیواره چاه را اندازه می‌گیرند.

۳. سنسورهای جانبی: این سنسورها بصورت محیطی در اطراف ابزار قرار دارند و در هر لحظه همزمان از تمامی جهات چاه تصویر تهیه می‌کنند.

در ابتدا این دسته از تصویرگرها تنها در محیط‌های رسانا مانند گل‌های هادی کاربرد داشتند اما با رشد تکنولوژی این ابزار قابلیت کار در گل‌های پایه روغنی و غیر هادی را نیز پیدا کردند که از این نمونه تصویرگرها می‌توان OBMI، EMI، FMS و FMI را نام برد [۹].



### ۳-۲-۱- تصویرگر FMS<sup>۱</sup>

ابزار تصویربرداری FMS به دو صورت دو بالشتکی و چهار بالشتکی موجودند. دستگاه دو بالشتکی دارای دو بالشتک بوده که هر کدام دارای ۲۷ الکتروود در چهار ردیف هستند و برای اندازه گیری مقاومت بکار می‌رود. این دستگاه در چاه ۸/۵ اینچی دارای پوشش ۲۰ درصد است.

دستگاه چهار بالشتکی دارای ۱۶ الکتروود در هر بالشتک است و جمعاً با اندازه گیری ۶۴ نمودار دارای پوشش ۴۰ درصد در چاه به قطر ۸/۵ اینچ خواهد بود. در شکل (۳-۲) همپوشانی تصاویر FMS دو و چهار بالشتکی به تصویر کشیده شده است و در شکل (۳-۳) گیرنده های تصویری FMS دو و چهار بالشتکی نمایش داده شده است [۱۰].

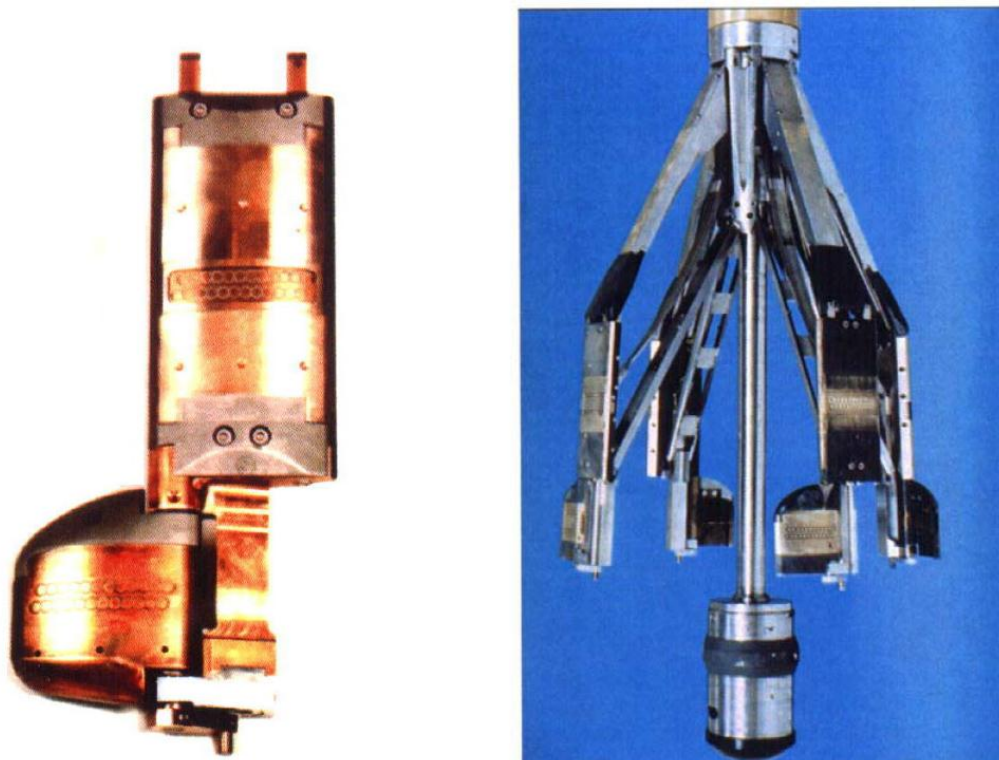
### ۳-۲-۲- تصویرگر FMI<sup>۲</sup> [۱۱]

در این ابزار خطوط جریان عمود بر خطوط پتانسیل حرکت کرده و وارد سازند می شود. چهار تا گیرنده دارد در نتیجه پوشش قابل توجهی دارد. در سازندهای مقاوم از جریان بیشتر و در سازندهای با مقاومت کمتر از جریان کمتری استفاده می‌شود. هر چه قطر چاه بیشتر باشد پوشش FMI کمتر است.

در شکل (۳-۱) ابزار تصویربرداری FMI نمایش داده شده است.

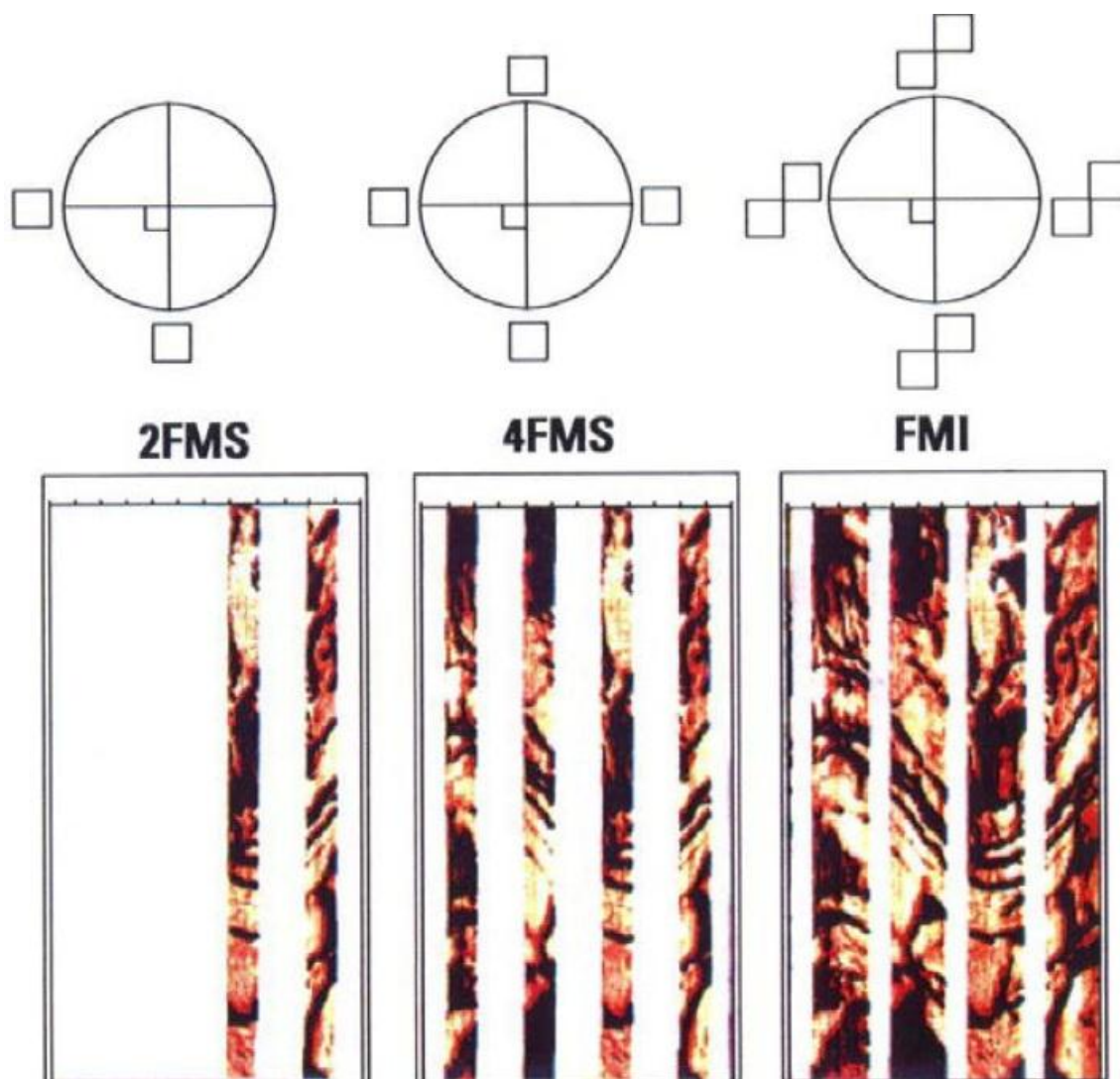
<sup>۱</sup> Formation Micro scanner

<sup>۲</sup> Fullbore Formation Micro Imager



شکل (۱-۳) ابزار تصویر برداری FMI [۱۱]

همانطور که در شکل (۲-۳) و شکل (۳-۳) قابل مشاهده است به هر بازو یک زبانه نصب شده و در هر زبانه ۲۴ دکمه قرار دارد که باعث می شود پوشش چاه تا ۸۰ درصد افزایش یابد. قدرت تفکیک FMI، ۰/۲ اینچ بوده و توانایی تشخیص جزئیات تا ۵۰ میکرون را دارد. در جدول (۱-۳) نمودارهای تصویرگر FMI و FMS با هم مقایسه شده‌اند.



شکل (۲-۳) همپوشانی تصاویر FMI و FMS با تعداد بالشتک‌های متفاوت همراه با طرز قرار گیری بالشتک‌ها

[۱۲]

FMI		FMS				
		FMS-C		FMS-B		
۱۵۸mm	۶/۵ inch	158 mm	۶/۵ inch	۱۱۴ mm	۴/۵ inch	کمینه قطر چاه
mm ۵۳۳	۲۱ inch	۵۳۳ mm	۲۱ inch	۳۸۱ mm	۱۵ inch	بیشینه قطر چاه
mm ۱۲۷	۵ inch	۱۲۷ mm	۵ inch	۹۲ mm	۳/۶۲۵ inch	قطر بیرونی
C۱۷۵	F۳۵۰	۱۷۵ C	۳۵۰ F	۱۷۵ C	F۳۵۰	دما
mm ۵	۰/۲ inch	۷/۵ mm	۰/۳ inch	۵ mm	۰/۲ inch	قدرت تفکیک
۸۰ درصد (چاه ۸ اینچ)		۴۰ درصد (چاه ۸ اینچ)		۲۰ درصد (چاه ۶ اینچ)		پوشش
چینه شناسی، زمین شناسی، شناسایی ناهمگنی‌ها		چینه شناسی، زمین شناسی		تصویر برداری در چاههای باریک		کاربردها
گل‌های پایه روغنی چاههای باریک		گل‌های پایه روغنی چاههای باریک		گل‌های پایه روغنی چاههای با قطر زیاد		محدودیت‌ها

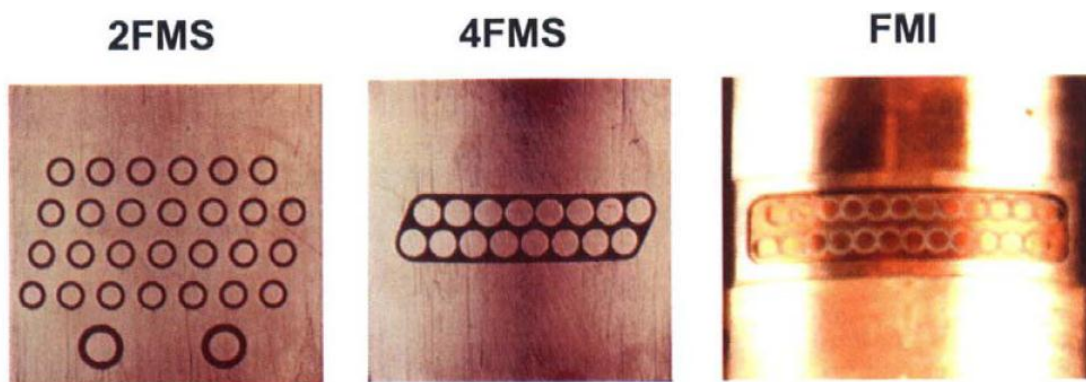
جدول (۱-۳) مقایسه خصوصیات تصویرگرهای FMI و FMS [۲]

این ابزار خصوصیات فیزیکی خاصی مانند مقاومت، زمان برگشت سیگنال صوتی و ... از اطراف ابزار را در چاه اندازه‌گیری می‌کند و سپس داده‌های ثبت شده را به صورت فرمت‌های DLIS و LIS جهت پردازش، تصحیح و نهایتاً نمایش ذخیره می‌کند. این داده‌های ذخیره شده دارای معضلات عدیده‌ای از جمله پارازیت‌ها و عدم تطابق عمق‌ها هستند که می‌بایست برای تحلیل و بررسی تصویرها رفع شوند. همچنین ارائه این داده‌ها به صورت تصویر رنگی خود مشکل دیگری است.

دستگاه، مشاهده‌ی مداوم و جزء به جزء تغییرات عمودی و جانبی ویژگی‌های سازند را طوری به تصویر می‌کشد که مشاهده کننده واقعا بتواند سازند را ببیند.

### ۳-۳- شکستگی‌ها

واژه شکستگی به هر گونه گسیختگی<sup>۲</sup> یا ناپیوستگی فیزیکی<sup>۳</sup> در سنگ اطلاق می‌شود که از حد آستانه‌ای مقاومت سنگ گذشته باشد. [۱۳].



شکل (۳-۳) گیرنده‌های تصویری FMI و FMS [۱۲]

<sup>1</sup> Fracture

<sup>2</sup> Break

<sup>3</sup> Physical Discontinuity

شکستگی ها ، درزها<sup>۱</sup> و گسلها<sup>۲</sup> را شامل می شوند که تفاوت این دو دسته در جابجایی و سکون صفحات است. [۱۳]

یک شکستگی شیبدار صفحه‌ای که مطابق شکل (۳-۴) چاه را قطع می نماید، را در نظر بگیرید. اگر در شکل (۳-۴) به فرم دو بعدی باز شده آن بنگریم، این پدیده به شکل یک موج سینوسی قابل مشاهده خواهد بود که دره<sup>۳</sup> این موج سینوسی، جهت شیب این پدیده را نشان می - دهد و دامنه<sup>۴</sup> این موج بیانگر میزان شیب این پدیده است. ( در فرم دو بعدی چاه از شمال باز می - شود.)

شیب از رابطه زیر به دست می آید:

$$\text{Dip} = \tan^{-1} \left( \frac{A}{d} \right) \quad (1-4)$$

که در این رابطه A دامنه موج سینوسی (اختلاف دو نقطه بیشینه و کمینه) و d قطر چاه است. همانطور که از شکل (۳-۴) هویدا است در پدیده‌های شیبدار، دامنه موج سینوسی با افزایش شیب پدیده، افزایش می یابد.

ویژگی حساسیت بالا، تشخیص صور بسیار نازک شکستگی‌ها را میسر می سازد. این حساسیت بقدری زیاد است که می تواند درزه‌های ریزی را که پهنای آنها حدود چند میکرون یا دهها میکرون است و یا اختلاف مقاومت مخصوص کمی را نشان می دهند مشخص نمایند. [۱]

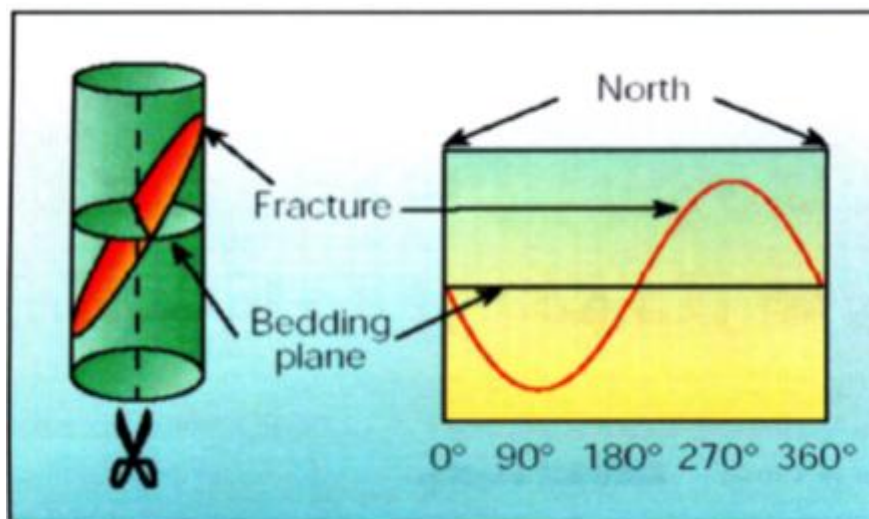
اندازه‌گیری تغییرات شدت جریان الکتریکی الکترودها که تغییرات مقاومتی کوچک را منعکس می کند به تصویرهایی با شدت رنگهای مختلف خاکستری یا رنگی تبدیل می شود [۱۴].

<sup>1</sup> Joints

<sup>2</sup> Faults

<sup>3</sup> Trough

<sup>4</sup> Amplitude



شکل (۳-۴) نمایش شکستگی شیب دار صفحه ای به فرم دو بعدی باز شده [۹]

### ۳-۴- نتیجه گیری

در فصل جاری، ابتدا انواع نمودارهای تصویرگر مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند. در ادامه پس از بررسی انواع نمودارهای تصویرگر، تصویرگر FMI به عنوان لاگ تصویری مورد استفاده در این پایان‌نامه انتخاب گردید.

دلایل انتخاب لاگ تصویری FMI را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

۱. رزولوشن بالاتر این لاگ تصویری نسبت به سایر لاگ‌های تصویری

۲. پوشش دهی بالای این لاگ تصویری

## فصل چهارم

روش پشهادی



## ۴-۱- مقدمه

مراحل روش پیشنهادی جهت دسته‌بندی نواحی تصاویر FMI مشابه سیستم‌های یادگیری ماشین بوده و شامل فازهای زیر می‌باشد:

- پیش‌پردازش

- استخراج و انتخاب ویژگی

- کلاس‌بندی

- هموارسازی

- آستانه‌گذاری

جزئیات مربوط به هر فاز در بخش‌های آتی تشریح خواهد شد. شکل (۴-۱) بلوک دیاگرام کلی این سیستم را به تصویر کشیده است.

ابتدا ابزارها و الگوریتم‌های مورد استفاده در روش پیشنهادی به تفصیل شرح داده شده‌اند و پس از آن روش پیشنهادی در یک بخش مستقل بیان شده است.

در ادامه و در بخش ۴-۲- به روش‌های پیش‌پردازش مورد استفاده در روش پیشنهادی پرداخته شده است. پس از آن و در بخش ۴-۳- الگوریتم خوشه‌بندی C میانگین به تفصیل شرح داده شده است. سپس در بخش ۴-۴- به بحث نرمال‌سازی ویژگی‌ها پرداخته شده است. در ادامه در بخش

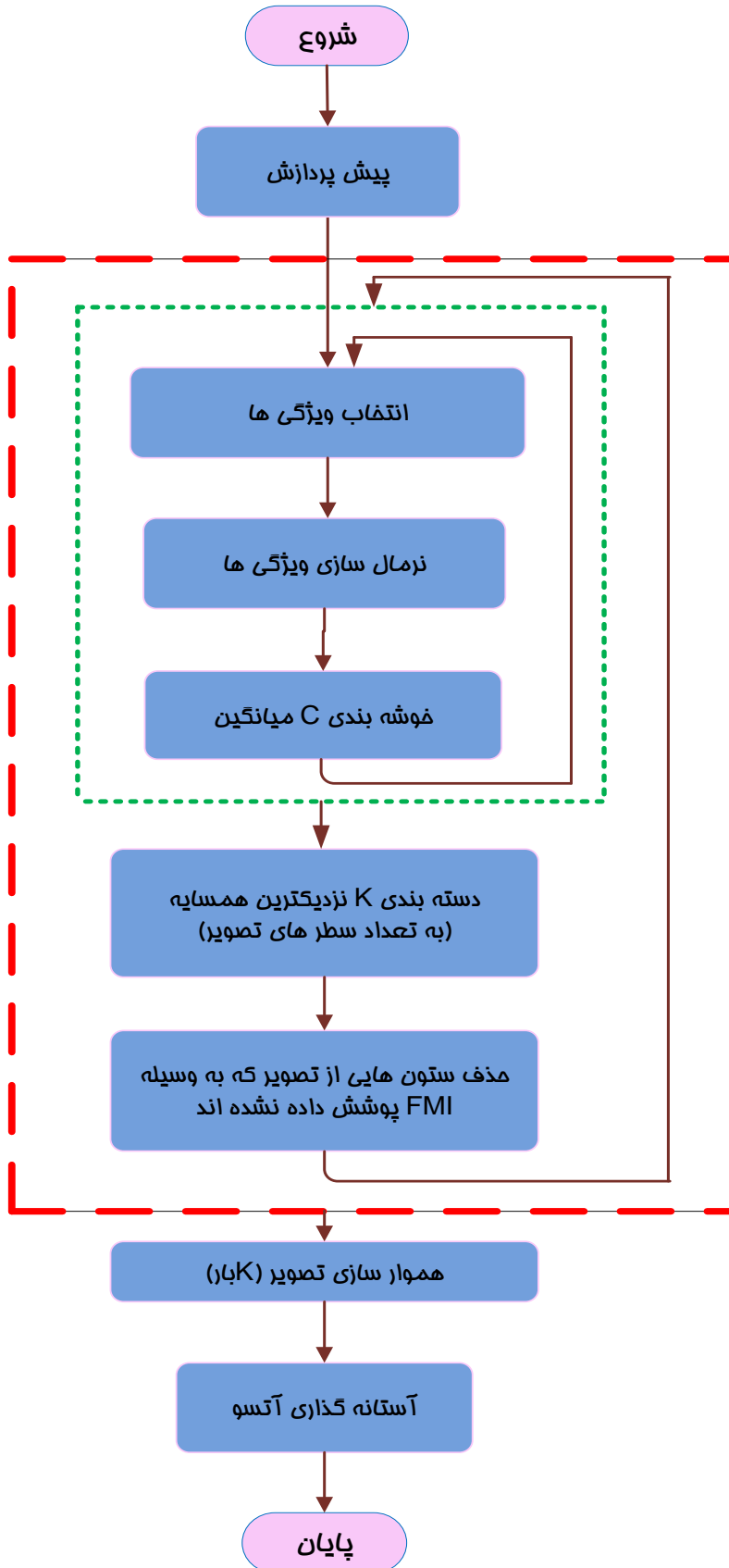
۴-۵- الگوریتم K نزدیکترین همسایه<sup>۱</sup> مورد بحث قرار گرفته است. سپس، در بخش ۴-۶- روش هموارسازی مورد استفاده بیان شده است. در بخش ۴۰-۷- روش آستانه‌گذاری اتسو شرح داده شده است و در بخش ۴-۸- عملیات شکل‌شناسی<sup>۲</sup> به تفصیل بیان شده است.

در بخش ۴-۹- روش پیشنهادی بر اساس مفاهیم بخش‌های قبل، جهت شناسایی لایه‌های مختلف زمین‌شناسی چاه‌های مورد مطالعه قسمت به قسمت و به تفصیل شرح داده شده است.

---

<sup>۱</sup> K-nearest Neighbor Algorithm

<sup>۲</sup> Morphology



شکل (۴-۱) بلوک دیاگرام دسته‌بندی نواحی تصاویر FMI به کمک روش‌های یادگیری ماشین

#### ۴-۲- پیش پردازش<sup>۱</sup>

قبل از تفسیر لاگ‌های تصویری توسط سیستم پیشنهادی، اطلاعات خام برداشت شده می‌بایست مورد پیش‌پردازش قرار گیرند. پیش‌پردازش لاگ‌های تصویری شامل فرآیندهایی است که باعث حذف برخی از خطاها و افزایش کیفیت تصویری لاگ است.

اطلاعات اولیه‌ای که توسط دستگاه تصویربردار الکتریکی برداشت می‌شود شامل مجموعه‌ای از اعداد است که مقدار مقاومت الکتریکی **سازند** را در هر فاصله نمونه‌برداری نشان می‌دهد. یکسری از پیش‌پردازش‌های لازم بر روی این داده‌ها انجام می‌شود.

تصحیحات اساسی که برای لاگ‌های تصویری الکتریکی ضروری می‌باشند، شامل تصحیح سرعت، تصحیح زاویه انحراف، تصحیح زاویه میل مغناطیسی، تصحیح مربوط به جهت‌گیری تصویر و ... هستند. این تصحیحات قبل از عمل تبدیل لاگ به تصویر صورت می‌گیرد. [۱]

در بخش ۴-۲-۱- پیش‌پردازش‌های موردنیاز جهت اعمال به لاگ‌های تصویری قبل از عمل تبدیل لاگ مورد نظر به تصویر مطرح شده است و در بخش ۴-۲-۲- پیش‌پردازش اعمال شده به تصویر FMI به تفصیل بیان شده است.

#### ۴-۲-۱- معادل‌سازی<sup>۲</sup>

الکترودهای تعبیه شده بر روی بازوهای دستگاه هنگام اندازه‌گیری شدت جریان، به مقدار ناچیز تحت تأثیر عوامل محیطی، حساسیت‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند، به‌منظور از بین بردن این پدیده، عمل معادل‌سازی انجام می‌گیرد [۱۴].

<sup>1</sup> Preprocessing

<sup>2</sup> Equalization

## ۴-۲-۲- بهنجارسازی<sup>۱</sup>

بهنجارسازی هیستوگرامی تکنیکی است که با بهینه کردن استفاده از رنگها، امکان مشاهده جزئیات تصویر را فراهم می‌آورد. در یک محدوده عمقی از تصویر با تعریف  $N$  مقدار آستانه‌ای اطلاعات به  $N-1$  جامعه نمونه یکسان تقسیم می‌شود.

بهنجارسازی با توجه به اینکه اندازه پنجره موردنظر چقدر باشد به دو دسته تقسیم می‌شود:

### ۱. بهنجارسازی ایستا<sup>۲</sup>: در این روش یک پنجره به ابعاد تصویر اختیار می‌-

شود و بهنجارسازی در یک مرحله انجام می‌شود. یکسان‌سازی ایستا استفاده از رنگها را در کل تصویر بهینه می‌نماید. لذا اگر در یک محدوده عمقی تعداد کمی از رنگها مورد استفاده قرار گیرند، تصویر در آن محدوده عمقی مبهم خواهد بود. همچنین در تصویری که بهنجارسازی ایستا بر روی آن انجام شده است، رابطه رنگها و پاسخ دستگاه در کل تصویر یکسان خواهد بود.

مناسبترین کاربرد عادی بهنجارسازی ایستا در ارتباط با تغییرات فاحش مقاومت مخصوص می‌باشد. بنابراین بهنجارسازی (یکسان‌سازی) ایستا بیشتر جهت آشکارسازی لایه‌های مختلف و تغییرات لایه‌ها در تصاویر کاربرد دارد. شکل (۴-۲) الف یک تصویر یکسان‌سازی شده ایستا را نمایش می‌دهد. کاملاً مشهود است که در تصویر ایستا تغییر لایه‌بندی‌ها محسوس‌تر می‌باشد.

### ۲. بهنجارسازی پویا<sup>۳</sup>: در این روش پنجره کوچکی که بصورت منظم جابجا می‌شود

در نظر گرفته می‌شود و در هر جابجایی پنجره، عملیات یکسان‌سازی تصویر در آن

<sup>۱</sup> Equalization

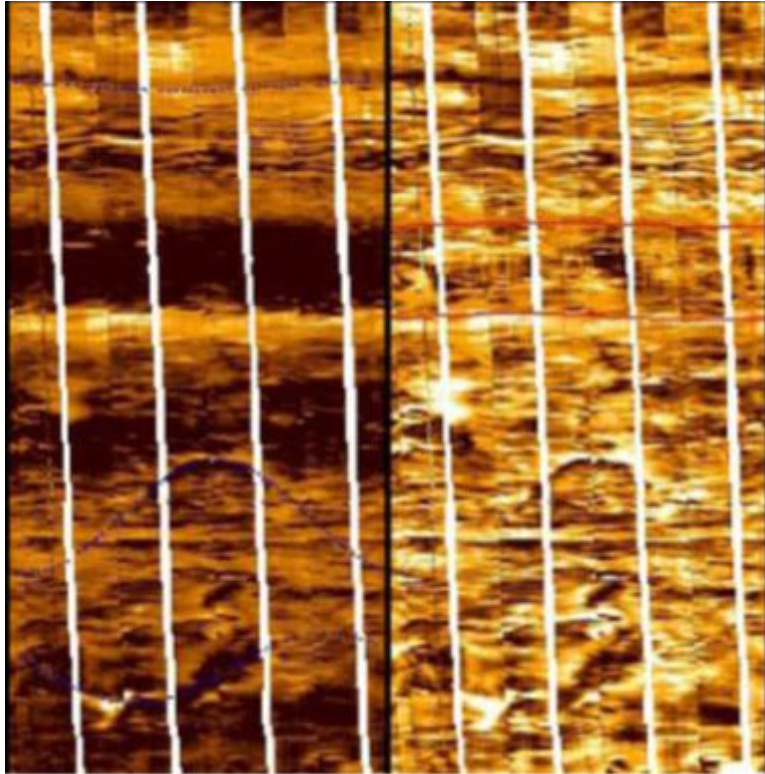
<sup>۲</sup> Static

<sup>۳</sup> Dynamic

پنجره انجام می‌شود. یکسان‌سازی پویا استفاده از رنگها را بصورت محلی بهینه می‌نماید. از این تکنیک برای بارزسازی پدیده‌های ظریف در تصویر استفاده می‌شود. با کوچکتر کردن طول پنجره بارزسازی، جزئیاتی بیشتری نمایان خواهد شد. نقص این روش این است که رنگهای یکسان در دو پنجره متفاوت ممکن است پاسخ یکسان دستگاه را نشان ندهند.

هدف از این روش بهبود کیفیت تصویر و افزایش موضعی تفاوت در یک تصویر می‌باشد. نتایج این عمل به اندازه درجه بستگی دارد.

اگر مقدار همپوشانی پنجره‌های متوالی زیاد باشد با درونیابی آستانه‌های محاسبه شده برای رنگها، فرآیند یکسان‌سازی بصورت پیوسته در طول تصویر انجام می‌شود و مرز پنجره‌ها بصورت پیوسته دیده می‌شود. تعداد رنگها معمولاً ۱۶ رنگ انتخاب می‌شود. شکل (۴-۲) ب یک تصویر بهنجارشده (یکسان‌سازی شده) پویا را نمایش می‌دهد. کاملاً مشهود است که در تصویر پویا مشاهده شکستگی‌ها محسوس‌تر می‌باشد.



الف

ب

شکل (۲-۴) الف) تصویر استاتیک: تغییر لایه بندی محسوس تر

ب) تصویر پویا: شکستگی‌ها محسوس تر [۱]

### ۳-۴- الگوریتم خوشه‌بندی C میانگین فازی<sup>۱</sup>

یکی از مهمترین الگوریتم‌های خوشه‌بندی، الگوریتم C میانگین می‌باشد. در این الگوریتم نمونه‌ها به C خوشه تقسیم می‌شوند که تعداد C از قبل مشخص شده است. در نسخه فازی این الگوریتم نیز تعداد خوشه‌ها (C) از قبل مشخص شده است. [۱۵-۱۷] در الگوریتم خوشه بندی C

<sup>1</sup> Fuzzy C-Mean Algorithm

میانگین فازی تابع هدف به صورت زیر می‌باشد:

$$J = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n u_{ik}^m d_{ik}^2 = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n u_{ik}^m \|x_k - v_i\|^2 \quad (2-4)$$

در رابطه فوق  $m$  یک عدد حقیقی بزرگتر از ۱ است که در بیشتر موارد مقدار  $m$  برابر ۲ قرار داده می‌شود. اگر در فرمول فوق  $m$  را برابر ۱ قرار دهیم تابع هدف خوشه بندی  $c$  میانگین (کلاسیک) غیر فازی بدست می‌آید.  $x_k$  نمونه  $k$ -ام و  $v_i$  نماینده یا مرکز خوشه  $i$ -ام و  $n$  تعداد نمونه‌ها می‌باشد.  $u_{ik}$  میزان تعلق نمونه  $i$ -ام در خوشه  $k$  ام را نشان می‌دهد. علامت  $\|*\|$  میزان تشابه (فاصله) نمونه از مرکز خوشه می‌باشد که می‌توان از هر تابعی که بیانگر تشابه نمونه و مرکز خوشه باشد استفاده نمود. از روی  $u_{ik}$  می‌توان یک ماتریس  $U$  تعریف کرد که دارای  $c$  سطر و  $n$  ستون می‌باشد و مولفه‌های آن هر مقداری بین ۰ تا ۱ را می‌توانند اختیار کنند. اگر تمامی مولفه های ماتریس  $U$  بصورت ۰ و یا ۱ باشند الگوریتم مشابه  $c$  میانگین کلاسیک خواهد بود. با اینکه مولفه‌های ماتریس  $U$  می‌توانند هر مقداری بین ۰ تا ۱ را اختیار کنند اما مجموع مولفه‌های هر یک از ستونها باید برابر ۱ باشد یعنی

$$\sum_{i=1}^c u_{ik} = 1, \quad \forall k = 1, \dots, n \quad (3-4)$$

این شرط به این معناست که مجموع تعلق هر نمونه به  $c$  خوشه باید برابر ۱ باشد. برای بدست آوردن فرمولهای مربوط به  $u_{ik}$  و  $v_i$  باید تابع هدف تعریف شده کمینه<sup>۱</sup> شود. با استفاده از شرط فوق و برابر صفر قرار دادن مشتق تابع هدف،  $u_{ik}$  به صورت زیر به دست می‌آید:

<sup>1</sup> Minimum



$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ik}}{d_{jk}}\right)^{2/(m-1)}} \quad (4-4)$$

و

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m x_k}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m} \quad (5-4)$$

بنابراین با استفاده از دو رابطه (۴-۴) و (۵-۴)، الگوریتم خوشه‌بندی C میانگین فازی بصورت

زیر خواهد بود:

۱. مقداردهی اولیه برای  $c$ ،  $m$  و  $U^0$ . خوشه‌های اولیه حدس زده می‌شوند.

۲. مراکز خوشه‌ها محاسبه می‌شوند (محاسبه  $v_i$ ‌ها).

۳. محاسبه ماتریس تعلق از روی خوشه‌های محاسبه‌شده در ۲.

۴. اگر  $\|U_{t+1} - U_t\| \in e$  الگوریتم خاتمه می‌یابد و در غیر اینصورت برو به مرحله ۲.

اگر معیار تشابه در تابع هدف بر اساس فاصله تعریف شود می‌توان از تعاریف مختلفی که در

مورد فاصله وجود دارد استفاده نمود. در جدول (۴-۱) چند نمونه از این توابع آورده شده

است [۲۰-۱۸]:

Distance Function	Formula and Comments
Euclidean distance	$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$
Hamming (city block) distance	$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^n  x_i - y_i $
Tchebyshev distance	$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \max_{i=1,2,\dots,n}  x_i - y_i $
Minkowski distance	$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sqrt[p]{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^p}, p > 0$
Canberra distance	$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{i=1}^n \frac{ x_i - y_i }{x_i + y_i}, x_i \text{ and } y_i \text{ are positive}$
Angular separation	$d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\left[ \sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i^2 \right]^{1/2}}$

جدول (۴-۱) معیارهای تشابه بر اساس توابع فاصله مختلف [۱۸]

#### ۴-۴ - نرمال سازی ویژگی‌ها

یکی از مراحل مهم پیش‌پردازش داده‌ها یا آماده‌سازی ویژگی‌ها، نرمال‌سازی ویژگی‌ها است. نرمال بودن داده یکی از شروط اصلی در بررسی‌های آماری و پردازش‌های آینده مانند استخراج ویژگی‌ها و دسته‌بندی است.

در این پایان‌نامه، برای هر ویژگی روش متداول زیر برای نرمال‌سازی ویژگی‌ها استفاده شده-

است:

$$f_i = \frac{f_i - \mu_i}{\sigma_i} \quad (۴-۶)$$

که  $f_i$ ،  $\mu_i$  و  $\sigma_i$  به ترتیب ویژگی  $i$ -ام بردار ویژگی، میانگین و انحراف معیار ویژگی  $i$ -ام می‌-

باشند.

#### ۴-۵- الگوریتم K نزدیکترین همسایه<sup>۱</sup>

الگوریتم K نزدیکترین همسایه یک الگوریتم آموزش بانظارت است. در حالت کلی این الگوریتم دو کاربرد دارد [۲۰]:

۱. تخمین تابع چگالی توزیع داده‌های آموزش

۲. طبقه بندی داده‌ها بر اساس الگوهای آموزش

#### ۴-۵-۱- تخمین چگالی توزیع داده‌ها به کمک الگوریتم $K_n$ نزدیکترین همسایه

برای تخمین  $p(x)$  از روی  $n$  نمونه‌ی آموزش توسط الگوریتم  $k$  نزدیکترین همسایه، یک سلول به مرکزیت  $x$  ایجاد کرده و اجازه داده می‌شود شعاع این سلول تا حدی گسترش پیدا کند که  $K_n$  نمونه‌ی آموزش را برگیرد. این نمونه‌ها  $K_n$  نزدیکترین همسایه‌های  $x$  هستند. لازم به ذکر است که در حالت کلی  $k$  به صورت  $K_n$  در نظر گرفته می‌شود، که  $K_n$  تابعی تعریف شده از  $n$  است.

اگر چگالی داده‌های آموزش اطراف  $x$  زیاد باشد، سلول کوچک می‌شود و بنابراین نتیجه به دست آمده نتیجه بهتری خواهد بود و در صورتی که چگالی نقاط تعلیم اطراف  $x$  کم باشد سلول بزرگ خواهد شد.

در حالت کلی، چگالی توزیع به ازای هر نقطه‌ی  $x$  به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$p_n(x) = \frac{k_n/n}{V_n} \quad (۷-۴)$$

<sup>۱</sup> K-nearest Neighbor Algorithm

که  $n$  تعداد نمونه‌ها،  $K_n$  نزدیکترین همسایه‌ها در سلول و  $V_n$  حجم سلول در نظر گرفته شده خواهد بود.

اگر با رشد  $n$ ،  $K_n$  نیز افزایش پیدا کند، به طوری که با میل کردن  $n$  به سمت بی‌نهایت  $K_n$  نیز به سمت بی‌نهایت میل نماید، آنگاه می‌توان اطمینان داشت که  $k_n/n$  یک تخمین خوب از احتمال

قرارگرفتن یک نقطه در سلول به حجم  $V_n$  می‌باشد [۲۱-۲۲].

بنابراین دو شرط لازم و کافی برای همگرایی  $p_n(x)$  به  $p(x)$  به صورت زیر خواهند بود:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} k_n/n = 0 \quad (۸-۴)$$

و

$$\lim_{n \rightarrow \infty} k_n = 0 \quad (۹-۴)$$

#### ۴-۵-۲- تخمین احتمال‌های پسین

مباحث مطرح شده در قسمت قبل می‌تواند برای تخمین احتمال‌های  $P(w_i|x)$ ، posteriori از یک مجموعه از  $n$  نمونه‌ی برچسب‌گذاری شده استفاده شود.

با در نظر گرفتن اینکه یک سلول به حجم  $V$  حول  $x$  که  $K$  نمونه‌ی ورودی را در بر گرفته رسم شده است و  $K_i$  تا از این نمونه‌ها در کلاس  $W_i$  قرار دارند. بنابراین یک تخمین برای احتمال

$p(x, w_i)$  به صورت

$$p_i(x, w_i) = \frac{k_i/n}{V} \quad (۱۰-۴)$$

خواهد بود و بنابراین

$$p_n(w_i|x) = \frac{p_n(x,w_i)}{\sum_{i=1}^c p_n(x,w_j)} = \frac{\frac{k_i/n}{V}}{\sum_{j=1}^c \frac{k_j/n}{V}} = \frac{k_i}{k} \quad (11-4)$$

یعنی برای اینکه نرخ خطا حداقل باشد، نمونه‌ی را در دسته‌ای قرار داده که بیشترین تکرار را در سلول داشته باشد. اگر تعداد نمونه‌ها به اندازه کافی زیاد باشد و سلول به اندازه کافی کوچک باشد، این انتخاب از لحاظ کارایی بهترین انتخاب است [۲۳].

#### ۴-۶- هموارسازی

در الگوریتم پیشنهادی تشخیص لایه‌های زمین شناسی تصاویر FMI، از یک فیلتر غیر خطی استفاده می‌شود که وظیفه‌ی آن تسطیح و حذف ناهمواری‌ها در سطوح غیر لبه و حفظ لبه‌ها در تصویر می‌باشد. در فیلتر غیر خطی ابتدا برای هر پیکسل هشت مشتق نسبت به تمامی جهت‌ها گرفته می‌شود. سپس ترکیبی از این هشت مشتق به مقدار آن پیکسل اضافه می‌شود. شکل (۴-۳) پیکسل (n,m) و ۸ همسایه آن را نشان می‌دهد. رابطه (۴-۱۲) نیز طریقه محاسبه مشتق برای همسایه‌های پیکسل (n,m) را نشان می‌دهد. در این رابطه،  $I_i$  مقدار سطح خاکستری همسایه i-ام پیکسل (n,m) می‌باشد. پس از محاسبه مشتق پیکسل در تمامی جهت‌ها، این مقادیر در ضریب  $\delta$  ضرب شده و با هم جمع می‌شوند و به شدت هر پیکسل افزوده می‌شوند (رابطه‌ی (۴-۱۳)). همانطور که در رابطه (۴-۱۳) مشاهده می‌شود، این فیلتر دارای سه پارامتر می‌باشد. این سه پارامترها عبارتند از  $K$ ،  $\alpha$  و  $\delta$  که در این تحقیق مقادیر آن‌ها به ترتیب ۰/۰۲، ۲/۵ و ۱/۲۵ در نظر گرفته شد.

$I_2$	$I_3$	$I_4$
$I_1$	$I_{n,m}$	$I_5$
$I_8$	$I_7$	$I_6$

شکل (۳-۴) پیکسل  $I_{n,m}$  و همسایه  $3 \times 3$  آن

$$\delta_i = I_i - I(n, m) \quad [?] \quad (12-4)$$

و

$$I(n, m) = I(n, m) + \delta \left\{ \frac{\delta_1}{1 + \left| \frac{\delta_1}{K} \right|^\alpha} + \dots + \frac{\delta_8}{1 + \left| \frac{\delta_8}{K} \right|^\alpha} \right\} \quad [?] \quad (13-4)$$

همان‌گونه که ذکر شد، این فیلتر سطوح غیر لبه را صاف و لبه‌های تصویر را حفظ می‌نماید. براساس روابط (۱۲-۴) و (۱۳-۴)، اگر پیکسل مورد بررسی، مربوط به لبه باشد و مقدار مشتق این لبه از پارامتر  $K$  بزرگتر باشد، عملوند داخل قدر مطلق بزرگتر از یک می‌گردد و هنگامی که به توان برسد مقدار نسبتاً بزرگی است که باعث تغییر ناچیزی روی شدت این پیکسل می‌شود و به همین دلیل این فیلتر بر نقاط لبه بی‌تاثیر است. همچنین برای نقاط غیر لبه، مقدار داخل قدر مطلق کوچکتر از یک می‌شود و بخاطر وجود توان، نسبت به یک ناچیز می‌شود و قابل صرف‌نظر است. در نتیجه این رابطه در حالت حدی برای این نقاط لاپلاسین می‌باشد و همچون یک فیلتر هموارساز عمل می‌کند.

از فیلتر غیرخطی می‌توان چند بار نیز استفاده کرد که تصویر در نقاط غیر لبه یکنواخت و

یکدست می‌شود و در نقاطی که لبه موجود است لبه برجسته‌تر می‌گردد [۲۴].

## ۴-۷- روش اتسو

در بینایی ماشین و پردازش تصویر جهت آستانه‌گذاری خودکار مبتنی بر شکل هیستوگرام تصویر یا تبدیل تصویر خاکستری به تصویر دودویی به کار گرفته می‌شود [۲۵].

این روش فرض می‌نماید تصویری که باید آستانه‌گذاری شود شامل دو دسته (کلاس) از پیکسل‌ها یا هیستوگرام دو وجهی<sup>۱</sup> می‌باشد، سپس آستانه بهینه را جهت جداسازی آن دو دسته محاسبه می‌نماید [۲۶].

در واقع در روش اتسو به دنبال آستانه‌ای هستیم که واریانس داخلی هر کلاس را کمینه نماید، بنابراین به صورت مجموع وزن‌داری از واریانس‌های دو کلاس به صورت رابطه (۴-۱۴) تعریف می‌شود.

$$\sigma_w^2(t) = W_1(t)\sigma_1^2(t) + W_2(t)\sigma_2^2(t) \quad (۴-۱۴)$$

که  $W_i$  احتمال جداسازی کلاس  $i$  بر اساس حد آستانه  $t$  و  $\sigma_i^2$  واریانس کلاس  $i$  می‌باشد.

بنابراین

$$\sigma_b^2(t) = \sigma^2 - \sigma_w^2 = w_1(t)w_2(t)[\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2 \quad (۴-۱۵)$$

که  $w_i$  احتمال جداسازی کلاس  $i$  بر اساس حد آستانه‌ای  $t$  و  $\mu_i$  میانگین کلاس  $i$  می‌باشد.

$w_1(t)$  بر اساس هیستوگرام آستانه  $t$  مطابق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

<sup>1</sup> bi-modal histogram

$$w_1(t) = \sum_0^t p(i) \quad (۱۶-۴)$$

$\mu_1(t)$  مطابق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\mu_1(t) = \sum_0^t p(i) * x(i) \quad (۱۷-۴)$$

که  $x(i)$  مقدار مرکز  $i$ -امین هیستوگرام می باشد.

احتمال و میانگین هر کلاس به صورت تکراری محاسبه می شوند.

الگوریتم اتسو را می توان به صورت زیر بیان نمود [۲۷]:

۱. محاسبه هیستوگرام و احتمال هر سطح از شدت روشنایی

۲. مقداردهی اولیه به  $w_1(0)$  و  $\mu_1(0)$

۳. با شروع از ۱ تا رسیدن به سطح بیشینه شدت روشنایی (بیشینه آستانه ممکن)

أ. به روز رسانی  $w_i$  و  $\mu_i$

ب. محاسبه  $\sigma_b^2(t)$

۴. برابر قراردادن مقدار آستانه مطلوب با بیشینه مقدار  $\sigma_b^2(t)$



#### ۴-۸- عملیات شکل‌شناسی<sup>۱</sup>

شکل‌شناسی به یک سری از عملیات اطلاق می‌گردد که برای اصلاح، حذف و وضوح بیشتر تصویر به کار می‌رود. از این عملیات می‌توان برای بدست آوردن مرزهای یک شی، باریک کردن و فیلتر کردن استفاده کرد [۲۸].

#### ۴-۸-۱- عملیات سایش<sup>۲</sup>، انبساط<sup>۳</sup>، بستن<sup>۴</sup> و بازکردن<sup>۵</sup>

در این بخش، نخست یک سری نمادگذاری را معرفی کرده و بر اساس این نمادگذاری به تعریف این تبدیلات می‌پردازیم. انتقال مجموعه‌ی  $B$  توسط نقطه‌ی  $z$  به صورت رابطه‌ی (۴-۱۸) نشان داده می‌شود.

$$B_z = \{b + z | b \in B\}, \forall z \in E \quad (4-18)$$

حال با استفاده از رابطه‌ی (۴-۱۸) به تعریف سایش می‌پردازیم که در آن اگر  $A$  و  $B$  مجموعه‌هایی در  $Z^2$  باشند، سایش  $A$  توسط  $B$  که با نماد  $A \ominus B$  نشان داده می‌شود، به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$A \ominus B = \{z | (B_z) \subseteq A\} \quad (4-19)$$

رابطه بالا به این معنی است که سایش مجموعه‌ی  $A$  توسط  $B$ ، مجموعه‌ی تمام نقاطی است که وقتی مجموعه‌ی  $B$  توسط آن نقاط انتقال داده می‌شوند، در  $A$  قرار گیرند. به مجموعه‌ی  $B$  در بحث شکل‌شناسی عنصر سازنده گفته می‌شود. کاربردی که سایش در پردازش تصویر دارد، نازک

<sup>1</sup> Morphology

<sup>2</sup> Expansion

<sup>3</sup> Erosion

<sup>4</sup> Closing

<sup>5</sup> Opening

کردن اشیای موجود در تصویر است و در واقع به نوعی نقش یک فیلتر را بازی می‌کند که اشیای کوچکتر از عنصر سازنده را حذف می‌کند [۲۹].

پیش از تعریف انبساط از تعریفی که در ریاضیات به انعکاس معروف است، کمک می‌گیریم:

$$B^s = \{x \in E \mid -x \in B\} \quad (۲۰-۴)$$

حال می‌توان انبساط را تعریف نمود. اگر  $A$  و  $B$  دو مجموعه در  $Z^2$  باشند، انبساط  $A$  توسط  $B$  که با نماد  $A \oplus B$  نشان داده می‌شود به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$A \oplus B = \{z \mid (B^s)_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (۲۱-۴)$$

بنابراین انبساط  $A$  توسط  $B$  مجموعه از تغییر مکان‌هاست بطوریکه  $A$  و  $B$  حداقل در یک نقطه همپوشانی دارند. در این تبدیل برعکس حالت سایش که در آن شی نازک می‌شد، شی رشد می‌کند.

با استفاده از دو تبدیل سایش و انبساط و ترکیب آن‌ها می‌توان عملیات‌های شکل شناسی جدیدی ایجاد کرد. در ادامه دو عملیات شرح داده می‌شود که یکی از آن‌ها به بستن و دیگری به بازکردن معروفند و هر دوی این عملیات‌ها از ترکیب سایش و انبساط بوجود می‌آید [۳۰-۳۱].

بازکردن مجموعه‌ی  $A$  توسط  $B$  که با  $A \odot B$  نشان داده می‌شود، به صورت زیر تعریف می‌شود:

شود:

$$A \odot B = (A \ominus B) \oplus B \quad (۲۲-۴)$$

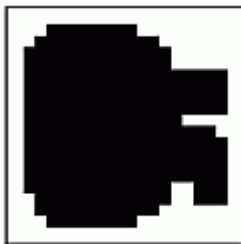
همانطوری که در رابطه‌ی (۲۲-۴) نشان داده شده است، باز کردن عبارت از سایش  $A$  توسط  $B$  و سپس انبساط آن توسط  $B$  است. این تبدیل معمولاً منحنی شیء را هموار می‌کند، برآمدگی‌های نازک را حذف می‌کند.

بستن مجموعه‌ی A توسط B که با  $A \odot B$  نشان داده می‌شود، به صورت زیر تعریف می‌شود:

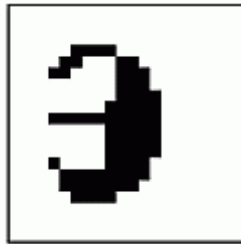
$$A \odot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (۲۳-۴)$$

در عملیات بستن A توسط B که در رابطه‌ی بالا نشان داده شده است، از انبساط A و سپس سایش آن توسط B استفاده شده است. این عملیات نیز تمایل به هموار کردن بخش‌هایی از منحنی‌ها دارد. اما برخلاف بازکردن، معمولاً شکستگی‌های باریک و شکاف‌های نازک را پر می‌کند، سوراخ‌های کوچک را حذف و فاصله‌های موجود در منحنی را پر می‌کند [۳۲-۳۳].

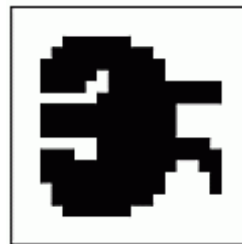
در شکل (۴-۴)، تمام عملگرهای مورد بحث از عملیات شکل شناسی نشان داده شده است.



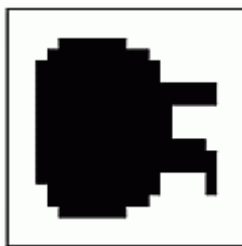
پ



ب



الف



ت



ث

شکل (۴-۴) هیستوگرام الف) شکل اصلی ب) شکل حاصل از عملیات سایش پ) حاصل از انبساط

ت) حاصل از بازکردن ث) حاصل از بستن [۲۸]

#### ۴-۹- روش پیشنهادی

در روش پیشنهادی ابتدا پیش از تبدیل لاگ FMI به تصویر مجازی معادل با آن مطابق بخش ۴-۲-۱، با استفاده از روش‌های معادل‌سازی<sup>۱</sup>، پردازش‌های لازم بر روی لاگ‌های موجود جهت به‌دست آوردن لاگ‌های با کیفیت بالاتری صورت می‌گیرد.

در ادامه مطابق بخش ۴-۲-۲، جهت محسوس‌تر نمودن تغییرات لایه‌بندی تصاویر FMI مورد بررسی از روش یکسان‌سازی ایستا استفاده شده است. بدین صورت که پنجره‌ای به اندازه اختیار می‌شود و یکسان‌سازی در یک مرحله انجام می‌شود.

#### ۴-۹-۱ ویژگی‌ها

از سه مؤلفه‌ی  $R$ ،  $G$  و  $B$  به همراه شدت روشنایی خاکستری معادل به عنوان ویژگی استفاده شده است.

#### ۴-۹-۲ نرمال‌سازی بردار ویژگی‌ها

به ازای تمام عناصر بردار ویژگی به دست آمده برای هر سطر، عمل نرمال‌سازی مطابق بخش ۴-۴ صورت گرفته و پس از نرمال‌سازی هر سطر، الگوریتم خوشه‌بندی  $C$  میانگین مطابق بخش بعدی، بر روی آن سطر اعمال می‌شود.

#### ۴-۹-۳ استفاده از الگوریتم خوشه‌بندی $c$ میانگین جهت دسته‌بندی

همانطور که در بخش ۴-۳ ذکر شده است، الگوریتم  $FCM$ <sup>۲</sup> یک روش دسته‌بندی بدون نظارت می‌باشد، ابتدا هر سطر از تصویر را به دو کلاس مجزا دسته‌بندی می‌نماید. این کار تا

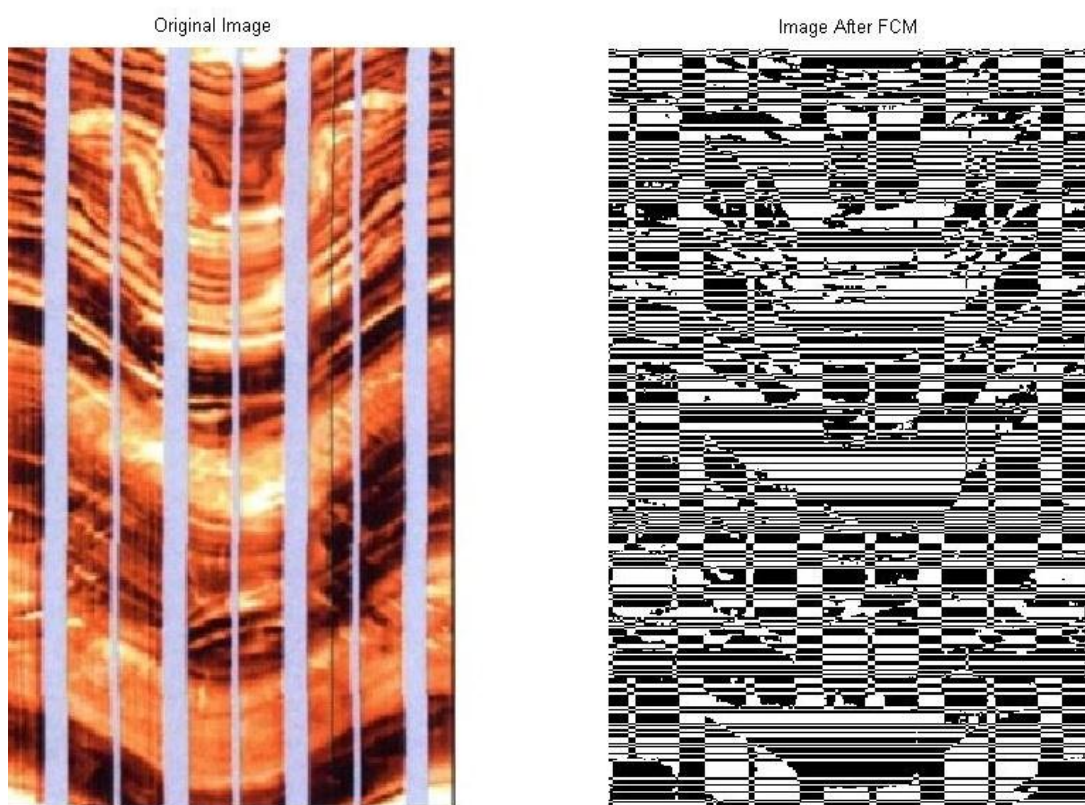
<sup>۱</sup> Equalization

<sup>۲</sup> Fuzzy C-mean

رسیدن به آخرین سطر تصویر ادامه می‌یابد. ویژگی‌های در نظر گرفته شده در بخش ۴-۹-۱-و تعداد دسته‌ها به عنوان پارامترهای ورودی FCM در نظر گرفته شده‌اند.

پس از مقایسه معیارهای تشابه مختلف، از فاصله اقلیدسی به عنوان معیار میزان تشابه استفاده شده است.

خروجی حاصل از این مرحله از سیستم به همراه تصویر اصلی در شکل (۴-۵) به تصویر کشیده شده است.



الف

ب

شکل (۴-۵) الف) تصویر اصلی (ب) پس از اعمال FCM بر تمام سطرها

#### ۴-۹-۴ - استفاده از الگوریتم K نزدیکترین همسایه جهت دسته‌بندی بهتر

پس از به‌دست آوردن بردار ویژگی‌ها برای تک‌تک سطرهای تصویر FMI و نرمال‌سازی بردارهای ویژگی به‌دست آمده، مطابق آنچه ذکر شد الگوریتم دسته‌بندی C میانگین در هر سطر جهت دسته‌بندی پیکسل‌های آن سطر به کار می‌رود.

آنچه که ممکن است در اینجا اتفاق بیفتد این است که دو پیکسل که در دو سطر متفاوت قرار دارند و دارای ویژگی‌های یکسان‌اند، ممکن است در دو کلاس با برچسب‌های متفاوت واقع گردند. جهت رفع این مشکل از الگوریتم K نزدیکترین همسایگی استفاده شده است.

این الگوریتم که مطابق بخش ۴-۵- کار می‌کند، تصویر خروجی FCM را به عنوان ورودی گرفته و با استفاده از فاصله اقلیدسی، پیکسل‌های سطرهای مختلف یک تصویر FMI را که دارای بردار ویژگی نزدیک به هم هستند به یک کلاس متناظر نسبت می‌دهد.

خروجی حاصل از این مرحله از سیستم در شکل (۴-۵) شکل (۴-۶) به تصویر کشیده شده است.



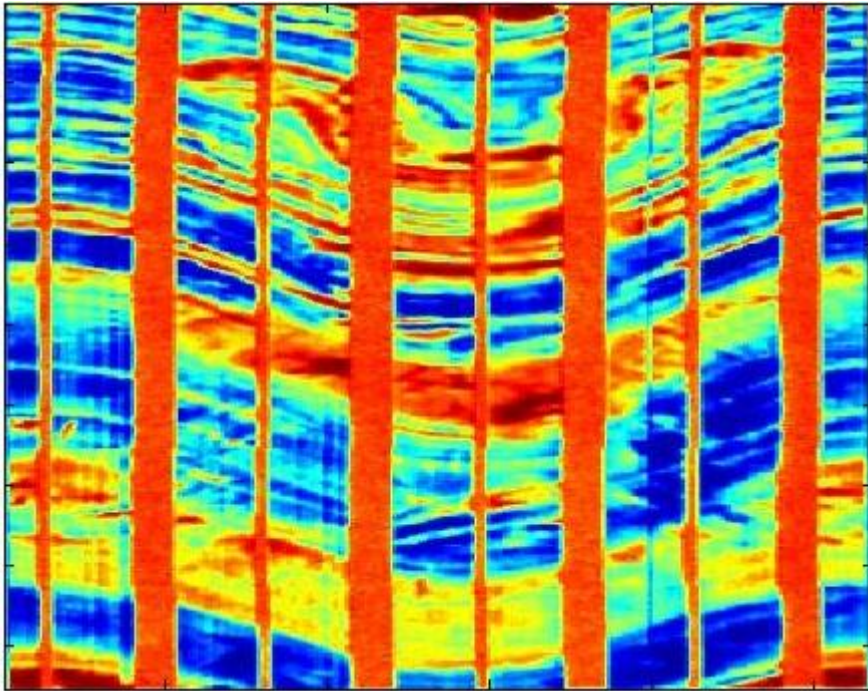
شکل (۴-۶) تصویر خروجی پس از الگوریتم KNN بر تمام سطرهای تصویر اصلی

#### ۴-۹-۵- حذف ستون های پوشش داده نشده

همانطور که قبلاً عنوان شده است، ابزار FMI تنها قادر است ۸۰ درصد از ناحیه های اطراف را لاگ برداری نماید. ۲۰ درصد باقی مانده به صورت ستون های ممتد عمودی در تصاویر FMI مشهود است. جهت جلوگیری از اثر منفی این ستون های ممتد، در ادامه سیستم سعی بر کاهش اثر این ستون های منفی داریم.

روش کار به این شکل است که ستون هایی که تمام پیکسل های آنها در یک کلاس قرار گرفته اند به عنوان یک ستون پوشش داده نشده در نظر گرفته می شوند.

خروجی حاصل از این مرحله از سیستم در شکل (۴-۵) شکل (۴-۷) به تصویر کشیده شده است. ستون هایی که پوشش داده نشده اند به طور صریح و بصورت کاملاً هم رنگ مشخص شده اند.



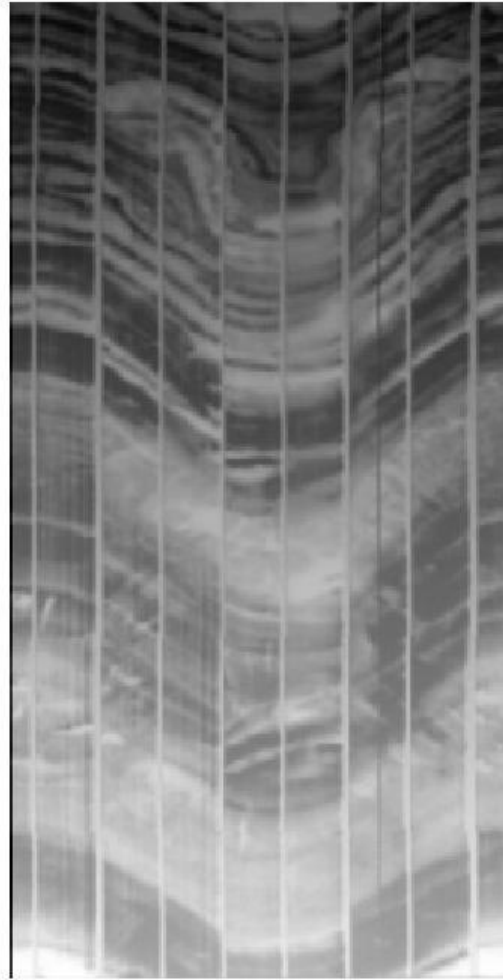
شکل (۴-۷) تصویر پس از مشخص نمودن ستون‌های پوشش داده نشده جهت حذف

#### ۴-۹-۶- هموارسازی

مطابق بخش ۴-۶- در سیستم پیشنهادی تشخیص لایه‌های زمین شناسی تصاویر FMI، از یک فیلتر غیر خطی استفاده می‌شود که وظیفه‌ی آن تسطیح و حذف ناهمواری‌ها در سطوح غیر لبه و حفظ لبه‌ها جهت جداسازی لایه‌های مختلف در تصویر می‌باشد. در فیلتر غیر خطی ابتدا مطابق شکل (۴-۳) برای هر پیکسل هشت مشتق نسبت به تمامی جهت‌ها بر اساس رابطه (۴-۱۲) محاسبه می‌شود. سپس ترکیبی از این هشت مشتق به مقدار آن پیکسل اضافه می‌شود. پس از محاسبه مشتق هر پیکسل در تمامی جهت‌ها، این مقادیر در ضریب  $\delta$  ضرب شده و با هم جمع می‌شوند و به شدت هر پیکسل افزوده می‌شوند (رابطه‌ی (۴-۱۳)). همانطور که در رابطه (۴-۱۳) مشاهده می‌شود، این فیلتر دارای سه پارامتر می‌باشد. این سه پارامترها عبارتند از  $K$ ،  $\alpha$  و  $\delta$  که در این تحقیق مقادیر آن‌ها به ترتیب  $0.02$ ،  $2/5$  و  $1/25$  در نظر گرفته شده است.

خروجی حاصل از این مرحله از سیستم در شکل (۴-۸) به تصویر کشیده شده است.





شکل (۴-۸) تصویر حاصل پس از هموارسازی تصویر

#### ۴-۹-۷- روش اتسو

همانطور که قبلاً ذکر شده است، روش اتسو در پردازش تصویر جهت آستانه‌گذاری خودکار مبتنی بر شکل هیستوگرام تصویر به کار گرفته می‌شود.

از روش اتسو جهت یافتن آستانه بهینه جهت جداسازی کلاس‌های مختلف از یکدیگر استفاده شده است.

مطابق بخش (۴-۷) جهت اجرای الگوریتم اتسو، ابتدا هیستوگرام تصویر مورد نظر محاسبه

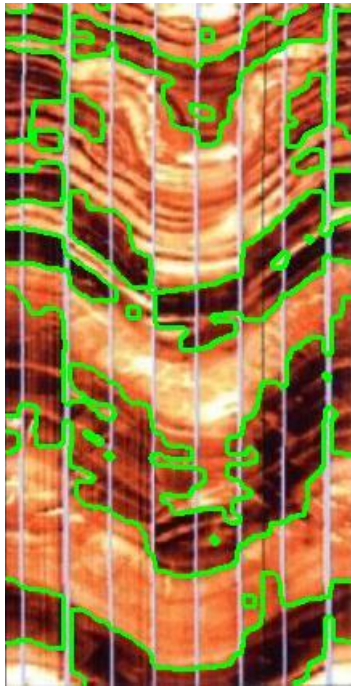
شده و احتمال هر سطح از شدت روشنایی تصویری نیز به دست آورده می‌شود. پس از مقداردهی اولیه به  $w_1(0)$  و  $\mu_1(0)$  با شروع از ۱ تا رسیدن به سطح بیشینه شدت روشنایی (بیشینه آستانه ممکن)

الف.  $w_i$  و  $\mu_i$  به روز رسانی می‌شوند.

ب.  $\sigma_b^2(t)$  محاسبه می‌گردد.

در نهایت مقدار آستانه مطلوب برابر با بیشینه مقدار  $\sigma_b^2(t)$  قرار داده می‌شود.

خروجی حاصل از این مرحله از سیستم در شکل (۹-۴) به تصویر کشیده شده است.



شکل (۹-۴) تصویر حاصل پس از آستانه‌گذاری اتسو

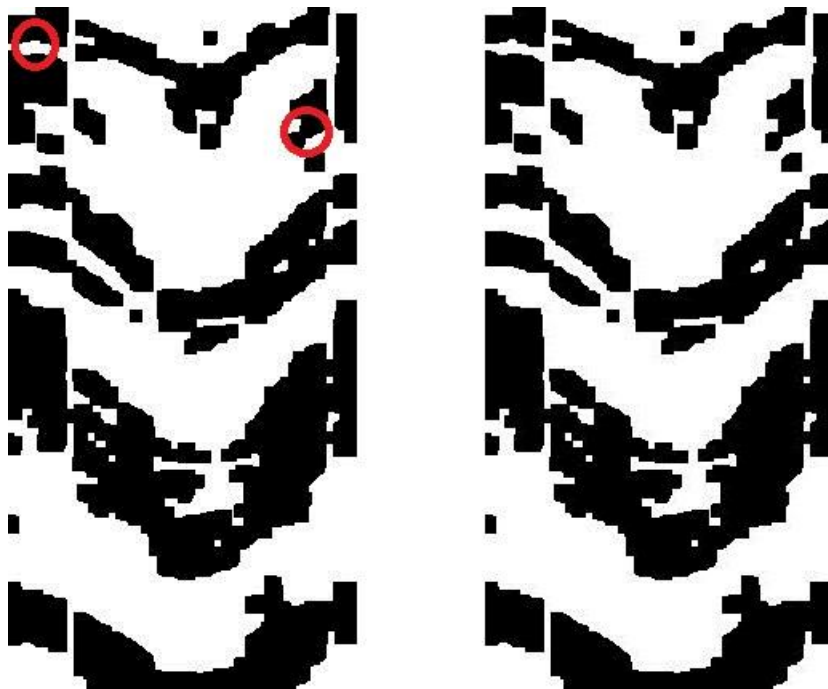
#### ۸-۹-۴ - عملیات شکل‌شناسی

همانطور که در بخش ۸-۴ ذکر گردید، شکل‌شناسی به یک سری از عملیات اطلاق می‌گردد

که برای اصلاح، حذف و وضوح بیشتر تصویر به کار می‌رود. از این عملیات می‌توان برای بدست آوردن مرزهای یک شی، باریک کردن، پر کردن شکاف‌های نازک و پر کردن فاصله‌های موجود در منحنی استفاده نمود.

در ادامه جهت مجزاسازی بهتر لایه‌ها از عملگر انبساط از مجموعه عملیات شکل‌شناسی استفاده شده است. همانطور که قبلاً مطرح گردید عملگر انبساط برعکس حالت سایش که در آن شی نازک می‌شد، شی رشد می‌کند.

شکل (۴-۱۰) خروجی حاصل از این مرحله از سیستم را به همراه تصویر ورودی این مرحله نشان می‌دهد. جهت مقایسه بهتر، چند نقطه از تصویر که عمل انبساط در آن نقاط صورت گرفته است، با دایره مشخص شده اند.



ب

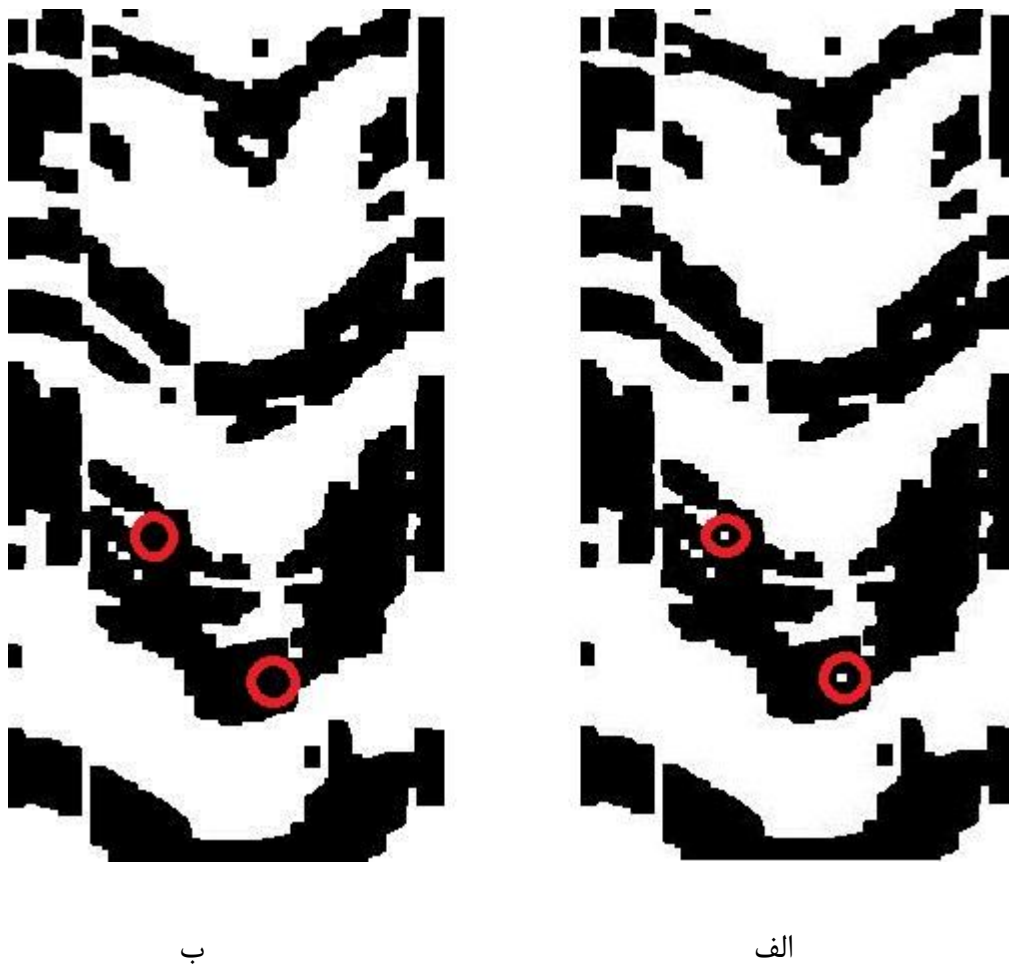
الف

شکل (۴-۱۰) الف) تصویر ورودی ب) تصویر حاصل پس از عملگر انبساط

پس از عملگر انبساط از عملگر بستن استفاده شده است. این عملگر نیز تمایل به هموار کردن

بخش‌هایی از منحنی‌ها دارد و معمولاً شکستگی‌های باریک و شکاف‌های نازک را پر می‌کند، سوراخ‌های کوچک را حذف و فاصله‌های موجود در منحنی را پر می‌نماید.

شکل (۴-۱۱) خروجی حاصل از این مرحله از سیستم را به همراه تصویر ورودی این مرحله نشان می‌دهد. جهت مقایسه بهتر، چند نقطه از تصویر که عمل انبساط در آن نقاط صورت گرفته است، با دایره مشخص شده اند.



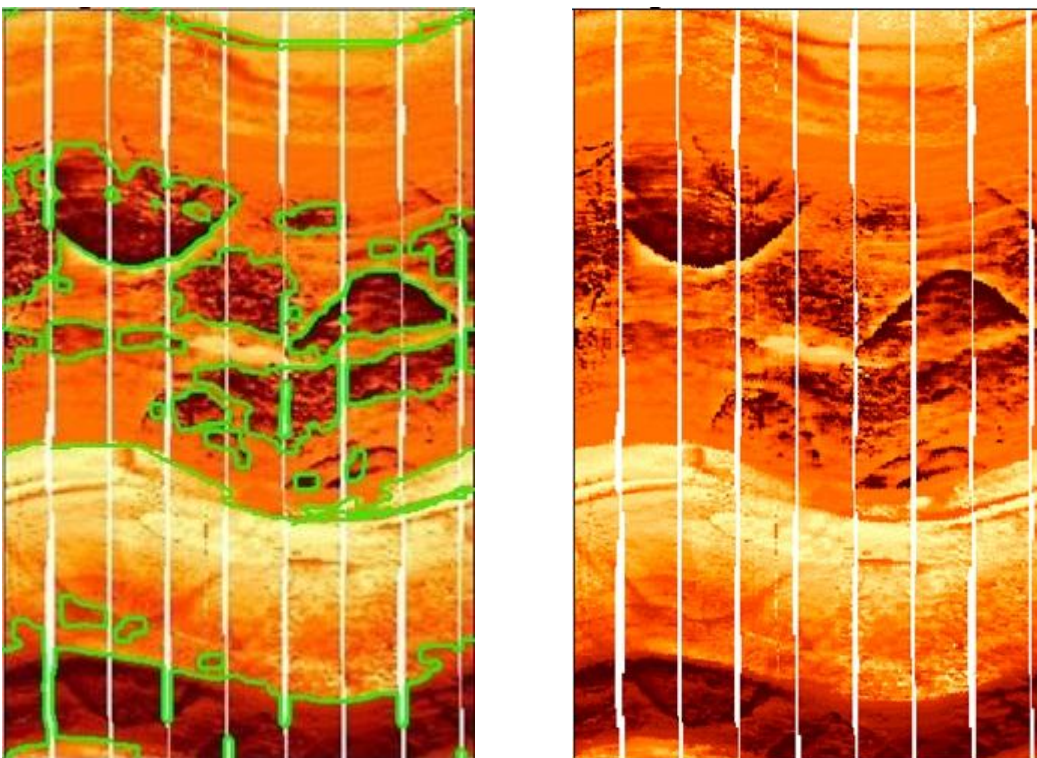
شکل (۴-۱۱) الف) تصویر ورودی ب) تصویر حاصل پس از عملگر بستن

#### ۴-۱۰- نتایج

در این بخش تصاویر خروجی روش پیشنهادی به ازای چند تصویر ورودی متفاوت نمایش داده

شده است.

شکل (۴-۱۲) تصاویر ورودی و خروجی روش پیشنهادی را برای چاهی که دارای مشخصات زمین‌شناسی متفاوتی از چاه قبلی است، نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل (۴-۱۲) به تصویر کشیده شده است، لایه‌های مختلف این چاه و نیز قسمت‌های مختلف آن، به خوبی از یکدیگر تفکیک شده‌اند.

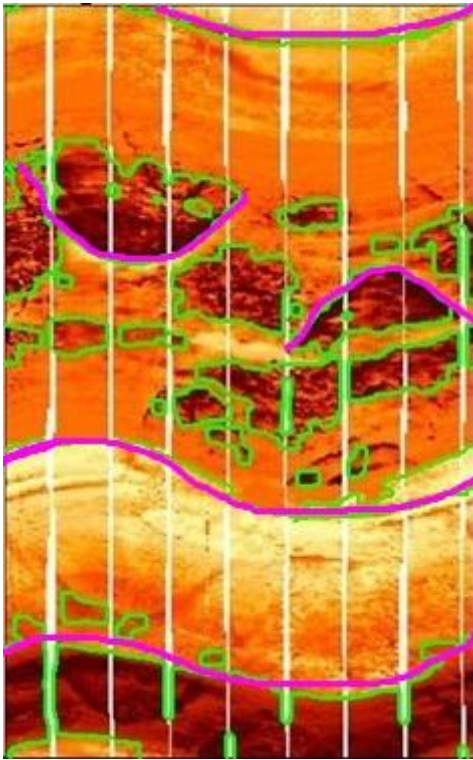


ب

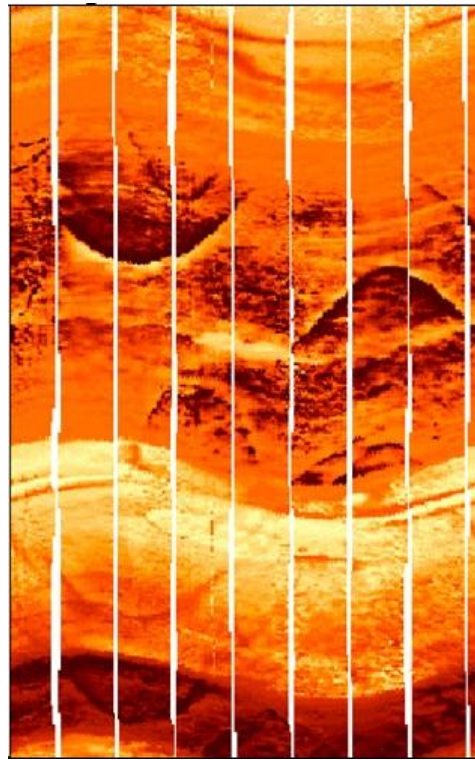
الف

شکل (۴-۱۲) الف) تصویر ورودی ب) تصویر خروجی نهایی

با توجه بیشتر به شکل (۴-۱۲) الف می‌توان شکستگی‌های طبیعی را که طبق بخش ۳-۳-۳ به صورت نمودار سینوسی در تصاویر FMI نمایش داده می‌شوند، مشاهده نمود. در شکل (۴-۱۳) شکستگی‌های موجود در شکل (۴-۱۲) الف با رنگ صورتی مشخص شده‌اند.



ب

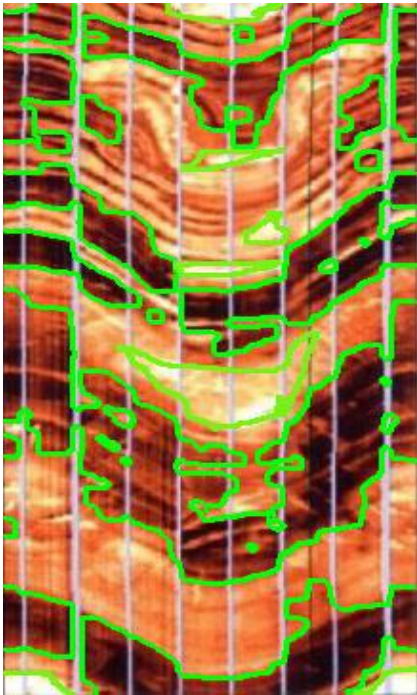


الف

شکل (۴-۱۳) الف) تصویر ورودی ب) تصویر خروجی نهایی

شکل (۴-۱۴) و شکل (۴-۱۵) تصاویر ورودی و خروجی روش پیشنهادی را برای دو چاه که دارای مشخصات زمین‌شناسی متفاوتی از چاه‌های قبلی‌اند، نشان می‌دهد. لایه‌های مختلف این دو چاه و نیز قسمت‌های مختلف آن‌ها، به خوبی از یکدیگر تفکیک شده‌اند.



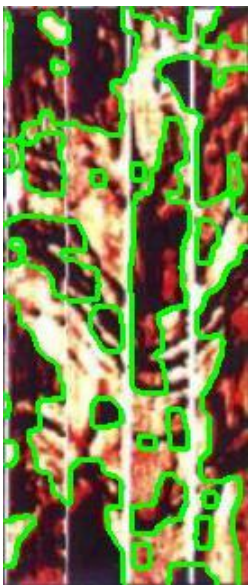


ب



الف

شکل (۴-۱۴) الف) تصویر ورودی ب) تصویر خروجی نهایی



ب



الف

شکل (۴-۱۵) الف) تصویر ورودی ب) تصویر خروجی نهایی

#### ۴-۱۱- نتیجه‌گیری

در این فصل روش پیشنهادی جهت قطعه‌بندی تصاویر FMI تبیین گردید. در ادامه نتایج خروجی حاصل از اعمال روش پیشنهادی بر روی چند تصویر از چاه‌های متفاوت به عنوان نمونه به تصویر کشیده شد.



## فصل پنجم

# نتیجه گیری و کارهای آتی

## ۵-۱- نتیجه‌گیری

بدلیل عدم دسترسی مستقیم به درون چاه، تهیه تصویر از دیواره چاه‌های نفت و گاز از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. زمین‌شناسان همواره بدنبال شناسایی جزئیات بیشتری از خصوصیات لایه‌های نفتی از طریق تصویربرداری مستقیم از دیواره چاه می‌باشند. بر همین اساس با مقایسه لاگ‌های تصویری مختلف موجود، لاگ تصویری FMI به دلیل پوشش بالا و وضوح بالای این لاگ، جهت بررسی در این پایان‌نامه انتخاب گردید. لازم به‌ذکر است که با بررسی‌های صورت گرفته موضوع این پژوهش کاملاً نوین می‌باشد و عملاً امکان مقایسه با سایر نتایج وجود ندارد.

در این پژوهش روشی چند مرحله‌ای جهت شناسایی شکستگی‌ها و ساختارهای زمین‌شناسی تصاویر مورد بررسی پیشنهاد گردید.

روش ارائه شده در این پایان‌نامه بر روی ۲۰ تصویر FMI از چاه‌های مختلف اعمال گردید و با توجه به خروجی‌ها می‌توان گفت:

- روش پیشنهادی شکستگی‌های باز موجود در تصاویر FMI را به‌خوبی بخش‌بندی می‌نماید.
- با استفاده از روش پیشنهادی می‌توان در تصاویر FMI که همزمان دارای شکستگی‌ها و vug می‌باشند، بخش‌بندی درستی را به‌دست آورد.
- روش پیشنهادی در شناسایی منافذ<sup>۱</sup> در تصاویر FMI پاسخ مناسبی به‌دست می‌دهد.

<sup>۱</sup> Pores

## ۵-۲- پیشنهادها

- (۱) فراهم ساختن پایگاه داده استاندارد جهت پژوهش‌های آتی در این زمینه
- (۲) استفاده از سایر اطلاعات از قبیل مغزه‌ها جهت شناسایی بهتر مشخصه‌های مورد نیاز
- (۳) به‌کار گرفتن سایر ابزار تصویربرداری نظیر UBI، OBMI و ... در جاهایی که ابزار FMI دارای محدودیت کاربرد می‌باشد.
- (۴) استفاده از پیش‌پردازش‌هایی بر داده‌های خام FMI



مراج

[۱] قائم‌پناه ع، ۱۳۸۵، دانشگاه صنعتی اصفهان، شناسایی سیستم‌های شکستگی در مخازن کربناته با کمک نمودارهای تصویرگر.

[۲] فنوتای ک، (۱۳۸۲)، دانشگاه تهران، کاربرد نمودارهای تصویرگر در ارزیابی مخازن و تفسیر نمودار FMS.

[۳] باقرزاده س. و عزیززاده م. و باقری ع. و مالدار رامین، (۱۳۸۹)، تحلیل شکستگی مخزن بنگستان در یکی از میادین هیدروکربوری گستره جنوب باختری ایران با استفاده از نمودارهای تصویری، نخستین گردهمایی و همایش ملی بررسی دستاوردهای پژوهشگران علوم زمین ایران.

[۴] گراوند ر. و بهلولی ب، (۱۳۸۶)، بررسی شکستگی‌ها و علت هرزروی گل با استفاده از ابزار FMI، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین.

[5] Rajabi M. and Sherkati S. and Bohlooli B. and Tingay M. (2010) "Subsurface fracture analysis and determination of in-situ stress direction using FMI logs: An example from the Santonian carbonates (Ilam Formation) in the Abadan Plain, Iran" ELSEVIER:Tectonophysics , vol. 492, pp. 192-200.

[6] Yin X C. and Liu Q. and Hao H. and Wang Z. and Huang K.(2011) " FMI image based rock structure classification using classifier combination " Neural Comput & Application, vol. 20, pp. 955-963.

[7] Ferraretti D. and Gamberoni G. and Lamma E. and Di Cuia R. and Turolla C. (2009) " An AI Tool for the Petroleum Industry Based on Image Analysis and Hierarchical Clustering " LNCS 5788, pp. 276–283.

[8] Yin X C. and Liu Q. and Hao H. and Wang Z. and Huang K.(2011) " A Rock Structure Recognition System Using FMI Images " Neural Comput & Application, vol. 20, pp. 955-963.

[۹] غفوری م، (۱۳۸۴) "آنالیز شکستگی‌ها و ژئومکانیک چاه با استفاده از نمودارهای تصویرگر " نشریه فنی تخصصی شرکت ملی نفت ایران.

[10] Haggas S. (1999) "using images to find accurate orientation and location of ODP cores" Department of Geology, University of Leicester.

[11] Schlumberger (2005) "Borehole imaging training workshop" PUT Tehran.

[۱۲] قائم پناه ع، (۱۳۸۴) "آشنایی با انواع نمودارهای تصویرگر جهت شناسایی سیستم‌های

شکستگی"، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اصفهان

[13] Mendoza J, (1996), "The Contribution of Naturally Fractured Wellbore Imaging to Interval Selection in Reservoirs", Schlumberger Offshore Services, Society of Petroleum Engineers program committee flowing, SPE ۳۵۲۹۲.

[14] Serra O. (1989), "Formation MicroScanner Image Interpretation", Schlumberger education services

[15] Halkidi M. and Batistakis Y. and Vazirgiannis M., (2001), "On Clustering Validation Techniques", Journal of Intelligent Systems, vol. 17:2/3, pp 107-145.

[16] George E. and Tsekouras and Haralambos S, (2004), "A new approach for measuring the validity of the fuzzy c-means algorithm", Advances in Engineering Software 35 567-575.

[17] Zahid N. and Limouri N. and Essaid A, (1999), "A new cluster-validity for fuzzy clustering", Pattern Recognition, volume 32, 1089-1097.

[18] Bezdek C, (1981), "Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms". Plenum press, New York.

[19] Bezdek C. "Fuzzy mathematics in pattern classification". PhD dissertation, Cornell University, Ithaca, NY.

[20] Chiu L, (1994), "Fuzzy model identification based on cluster estimation", J. Intell. Fuzzy Systems, volume 2, pp. 267- 278.

[21] Hall P. and Park U. and Samworth R, (2008) "Choice of neighbor order in nearest-neighbor classification". Annals of Statistics 36: 2135-2152.

[22] Duda. And Hart. And Stork, (2000) Pattern Classification, Wiley.

[23] Alpaydin, (2003) Introduction to Machine Learning, MIT Press.

[24] Gonzalez R. and Woods R, (2007) Digital Image Processing (3rd Edition), Prentice Hall.

[25] Sezgin M. and Sankur B. (2003). "Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation". *Journal of Electronic Imaging* volume 13, 146-165.

[26] Otsu N, (1979) "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62-66.

- [27] Liao P. and Chen T. and Chung P, (2001). "A Fast Algorithm for Multilevel Thresholding". *J. Inf. Sci. Eng.* 17 (5): 713–727.
- [28] Serra J, (1983) , *Image Analysis and Mathematical Morphology*, Academic Press.
- [29] Dougherty E, (1992) , *Introduction to Morphological Image Processing (Tutorial Texts in Optical Engineering)* SPIE-International Society for Optical Engine.
- [30] Soille P, (2003) , *Morphological Image Analysis; Principles and Applications* ISBN 3540-65671-5 , 2nd edition.
- [31] Serra J. and Salembier Ph , (1993) ,*Mathematical Morphology and its Application to Signal Processing*, proceedings of the 1st International workshop on mathematical morphology and its applications to signal processing (ISMM'93), ISBN 84-7653-271-7
- [32] Gerald F. and Banon R. and Barrera J. and Ulisses M. and Neto B, (2007) ,*Mathematical Morphology and its Applications to Signal and Image Processing*, proceedings of the 8th international symposium on mathematical morphology (ISMM'07).
- [33] Najman L. and Talbot H, (2010) ,*Mathematical morphology: from theory to applications*, ISTE-Wiley, pp 520.





## **Abstract**

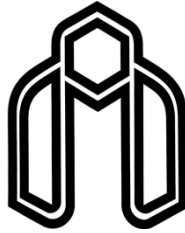
Formation Micro Imager (FMI) can directly reflect is an important factor to classify stratum and identify lithology for the oil and gas exploration. Conventionally, people analyze FMI images mainly with manual processing, which is, however, extremely inefficient and incurs a heavy workload for experts. In this thesis, we propose an automatic segmentation method using image processing and pattern recognition technologies. We investigate the characteristics of layers, fractures, vugs and pores in FMI images carefully. A key aspect in extracting quantitative information from FMI logs is to segment the FMI image to get image of layers, Fractures, vugs and pores.

In this thesis, an automatic method based on FCM clustering and Otsu thresholding method is introduced in order to extract quantitative information from FMI images. All pixels are clustered using FCM clustering algorithm at the first step. The second step uses KNN for other clustering. Then, uncovered columns of FMI image and image inequality are removed. Finally, the Otsu thresholding method is investigated for improving pixel-clustering step.

Filed data processing examples show that sub image of layers, fractures, vugs and pores can be accurately separated from original FMI images.

## **Keywords**

FMI, Image Segmentation, FCM, Otsu thresholding method, KNN, Clustering



Shahrood University of Technology  
Faculty of Computer Engineering & Information Technology  
M. Sc. Thesis

# **Design and implementing a software system for extracting oil and gas reservoirs using FMI images**

**Javad Gholampour**

Supervisor:

**Dr. Ali Akbar Pouyan**

Advisors:

**Dr. Hamid Hassanpour**

**Dr. Mansour Zeyaei**

February 2012