

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده: برق و رباتیک
گروه: الکترونیک

تفکیک بخش‌های سازندهای گچساران و آسماری از روی خرده‌های حفاری با رویکرد پردازش تصویر

دانشجو: پرهام خجسته

اساتید راهنما:

دکتر علیرضا احمدی فرد
دکتر بهزاد تخم‌چی

استاد مشاور:

دکتر علی شکاری فرد
دکتر علی سلیمانی

پایان‌نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : برق و رباتیک

گروه : الکترونیک

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای پرهام خجسته

تحت عنوان: تفکیک بخش‌های سازندهای گچساران و آسماری از روی خرده های حفاری با
رویکرد پردازش تصویر

در تاریخ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با
درجه مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	نام و نام خانوادگی : دکتر علی شکاری فرد		نام و نام خانوادگی : دکتر علیرضا احمدی فرد
	نام و نام خانوادگی : دکتر علی سلیمانی		نام و نام خانوادگی : دکتر بهزاد تخم‌چی

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :
			نام و نام خانوادگی :

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

تقدیر و تشکر

سپاس خدایی را که اول است و پیش از او اولی نبوده، و آخر است و پس از او آخری نباشد، خدایی که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم به پروردگارش را به ما گشود.

اکنون که به لطف پروردگار بی‌همتا، توفیق به اتمام رساندن این پایان‌نامه را یافتیم، بر خود لازم می‌دانم تا صمیمانه از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر علیرضا احمدی فرد و جناب آقای دکتر بهزاد تخم‌چی، که با دلسوزی و نکته‌سنجی فراوان، نگارنده را از نظرات سازنده خود بهره‌مند نمودند و جناب آقای دکتر علی شکاری فرد به خاطر راهنمایی‌های صمیمانه‌شان کمال تشکر و قدردانی را دارم. لازم می‌دانم از جناب آقای مهندس رحیم‌اف به خاطر همکاری ایشان در گردآوری نمونه‌های چاه و جناب آقایان دکتر محمد قوی‌دل سیوکی به خاطر یاری رساندن و همکاری در مراحل مختلف انجام این پایان‌نامه تشکر و قدردانی نمایم.

پرهام خجسته

بهمن ۱۳۹۰

تعهد نامه

اینجانب پرهام خجسته دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته برق- الکترونیک دانشکده برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تفکیک بخش‌های سازندهای گچساران و آسماری از روی خرده های حفاری با رویکرد پردازش تصویر تحت راهنمایی دکتر علیرضا احمدی فرد و دکتر بهزاد تخم‌چی متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای 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 بافتهای 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

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) 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:

از مخاطرات حفاری چاه‌های نفتی در ایران، عبور از سازندهای پُرفشار به کم‌فشار و یا بالعکس است؛ که در مرزهای گذار باید بتن‌گذاری دیواره انجام شده و سپس حفاری با فشار گِل متناسب با فشار سازندی ادامه پیدا کند. به این منظور زمین‌شناسان خبره، خرده‌های حفاری را در محل چاه نفت مطالعه کرده و بدین ترتیب نوع سازند را تشخیص می‌دهند. یکی از مرزهای سازندی حساس در چاه‌های نفتی ایران، شناسایی مرز گچساران - آسماری است. در پوش سنگ گچساران فشار منفذی در حدود ۴۰۰۰ psi است؛ در حالی که فشار مذکور در مخزن آسماری در حدود ۸۰۰ psi است. بنابراین بتن‌گذاری در مرز دو سازند و ادامه حفاری در آسماری با فشار گِل پائین، حائز اهمیت است. راهبرد عملی این کار در حال حاضر مطالعه ماکروسکپی خرده‌های حفاری توسط زمین‌شناس حاضر بر سر چاه و همچنین تهیه مقطع نازک از خرده‌های حفاری و مطالعات میکروسکپی آنها است. همچنین استفاده از اطلاعات mud-logging از چاه‌های اطراف مرسوم است.

در این پایان‌نامه موضوع تشخیص خودکار بخش‌های مختلف سازند گچساران و آسماری توسط روش‌های مبتنی بر پردازش تصویر و شناسایی الگو مطالعه می‌گردد. این تحقیق به دو بخش آنالیز ماکروسکپی که بر روی تصاویر خرده‌های حفاری و آنالیز میکروسکپی بر روی تصاویر گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی گرفته شده، تقسیم شده است. برای آنالیز ماکروسکپی تصاویر دو روش پیشنهاد شده است. روش آنالیز رنگ که با تبدیل عکس هر لایه به پنجره‌های کوچکتر و تخمین پیکسل‌ها در فضای رنگی به دو خوشه به روش خوشه‌بندی فازی (FCM) به استخراج ویژگی‌های میانگین و ماتریس پراکندگی پرداخته شده است. و در انتها با استفاده از طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان به جداسازی پنج لایه کلیدی زمین-شناسی پرداخته شده است. این نتایج برای جداسازی پنج لایه زمین‌شناسی قابل قبول می باشد؛ که بدین لحاظ به زمین‌شناس حاضر بر سر چاه کمک شایانی خواهد شد. با توجه به تغییرات رنگی خرده‌ها

در حوضه‌های دیگر، مطالعه بر روی بافت خرده‌های حفاری به عنوان ویژگی ایزوله از رنگ انجام گرفت. بدین منظور ماتریس هم‌رخداد محاسبه شده و ویژگی‌های روشنایی، همبستگی، انرژی و همگنی از این ماتریس بدست می‌آیند. ویژگی‌های حاصل جهت جداسازی لایه‌های کلیدی به طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان داده می‌شود. نتایج حاصل نشان می‌دهد که آنالیز رنگ عملکرد و دقت مناسبتری نسبت به آنالیز بافت دارد؛ ولی آنالیز بافت قابلیت تعمیم به چاه‌های دیگر را دارا می‌باشد.

در آنالیز میکروسکوپی ابتدا چگالی احتمال نوع رنگ با استفاده از مدل مخلوط گوسی به کمک دو تابع گوسی تخمین زده می‌شود. با استخراج پیکسل‌های تبخیری که شامل شروط میانگین و واریانس دو منحنی گوسی بوده‌اند، سنگ‌های تبخیری از سنگ‌های تخریبی در تصاویر میکروسکوپی جدا شدند. در انتها با استفاده از فیلترهای گابور به بخش‌بندی سنگ‌ها از تصویر پس‌زمینه پرداخته شده. با توجه به اینکه کاهش سنگ‌های تبخیری معیاری برای عبور از پوش سنگ گچساران و نزدیک شدن به سازند آسماری است، درصد سنگ‌های تبخیری در تصویر میکروسکوپی تخمین زده شده است. نتایج حاصل با تخمین متخصص مقایسه شد، نتایج بدست آمده قابل قبول بوده و نشانگر موفقیت الگوریتم فوق دارد.

کلید واژه ها: طبقه‌بندی سازندهای گچساران و آسماری، آنالیز میکروسکوپی و ماکروسکوپی خرده‌های حفاری، پردازش تصاویر، آنالیز رنگ، آنالیز بافت، مدل مخلوط گوسی، فیلتر گابور، کلاسه‌بند ماشین بردار پشتیبان

فصل ۱- کلیات	۱۰
۱-۱- مقدمه	۱۰
۲-۱- تعاریف اولیه	۱۳
• سازند	۱۳
• برون زد (رخنمون)	۱۳
• نمونه معرف	۱۳
• سیستم نفتی	۱۳
• میدان	۱۴
• حوضه	۱۴
• پوش سنگ	۱۴
• سنگ مخزن	۱۶
• سنگ منشأ	۱۶
۳-۱- منطقه مورد مطالعه زاگرس	۱۷
۱-۳-۱- فروافتادگی دزفول	۱۸
۲-۳-۱- تاریخچه میدان منصوری	۱۹
۴-۱- معرفی سازندهای آسماری و گچساران	۲۰
۱-۴-۱- سازند آسماری	۲۰
۲-۴-۱- سازند گچساران	۲۱

۵-۱- حفاری چاههای نفتی..... ۲۴

۶-۱- اهمیت شناسایی سازند گچساران و آسماری در هنگام عملیات حفاری..... ۲۶

۷-۱- بررسی خواص میکروسکپی دو سازند گچساران و آسماری..... ۲۸

۱-۷-۱- مشخصات میکروسکپی سازند..... ۲۸

۲-۷-۱- مشخصات میکروسکپی سازند آسماری..... ۳۰

۸-۱- مروری بر کارهای گذشته..... ۳۱

فصل ۲- تئوری روشها..... ۳۴

۱-۲- خوشه‌بندی به روش میانگین فازی..... ۳۴

۲-۲- توصیفگرهای بافتی..... ۳۶

۱-۲-۲- توصیفگرهای بافتی حاصل از روشهای آماری..... ۳۶

۲-۲-۲- توصیفگرهای بافتی حاصل از ماتریس هم رخداد..... ۳۷

۳-۲- مدل مخلوط گوسی..... ۴۱

۱-۳-۲- الگوریتم حداکثر انتظار (EM)..... ۴۳

۴-۲- بانک فیلتر گابور..... ۴۷

۵-۲- شکل شناسی..... ۵۱

۶-۲- طبقه‌بندی کننده هندسی ماشین بردار پشتیبان..... ۵۵

۱-۶-۲- ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه..... ۵۵

۲-۶-۲- ماشین بردار پشتیبان چند کلاسه..... ۶۰

۳-۶-۲- مزایای روش ماشین بردار پشتیبان..... ۶۰

فصل ۳- روشهای پیشنهادی..... ۶۳

۱-۳- آنالیز ماکروسکپی ۶۳

۳-۱-۱- عکسبرداری از نمونه‌ها ۶۳

۳-۱-۲- آنالیز رنگ ۶۶

۳-۱-۳- آنالیز بافت ۷۶

۳-۱-۴- تخمین ابعاد پنجره ۸۴

۲-۳- آنالیز میکروسکپی ۸۵

۳-۲-۱- داده‌های تحقیق ۸۶

۳-۲-۲- استراتژی آنالیز ۸۸

۳-۲-۳- بخش‌بندی کانیه‌های تبخیری از کانیه‌های غیر تبخیری ۸۸

۳-۲-۴- بخش‌بندی کانیه‌ها از تصویر پس زمینه ۹۹

۳-۲-۵- تخمین نسبت کانیه‌های تبخیری به کانیه‌های غیر تبخیری ۱۱۲

فصل ۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۱۱۹

۴-۱- بحث و نتیجه‌گیری ۱۱۹

مقدمه ۱۱۹

آنالیز ماکروسکپی و میکروسکپی ۱۲۰

۴-۲- پیشنهادات ۱۲۳

مراجع ۱۲۵

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱ نمای چاه شماره ۲ چپاسرخ در شمال قصر شیرین در سال ۱۹۰۳ میلادی.....	۱۱
شکل ۲-۱ موقعیت شماتیک منطقه زاگرس و میادین نفتی موجود در آن.....	۱۲
شکل ۳-۱ نمایش شماتیک نحوه قرارگیری سنگ منشأ، سنگ مخزن، پوش‌سنگ بر روی یکدیگر.....	۱۷
شکل ۴-۱ تقسیم‌بندی حوضه زاگرس.....	۱۸
شکل ۵-۱ موقعیت جغرافیایی میدان منصوری در فروافتادگی دزفول.....	۱۹
شکل ۶-۱ نحوه آرایش سازندها و سن تشکیل آنها در حوضه‌های نفتی در جنوب غربی ایران.....	۲۴
شکل ۷-۱ نمایش شماتیک قسمت‌های مختلف دکل حفاری.....	۲۵
شکل ۸-۱ نحوه قرارگیری لایه‌های کلیدی در سازند گچساران و موقعیت آنها نسبت به سازند آسماری در چاه نمونه.....	۲۷
شکل ۹-۱ نمونه‌هایی از تصویر میکروسکپی سنگها در زیر نور پلاریزه میکروسکوپ.....	۲۸
شکل ۱۰-۱ شکل پنج تکه سنگ شامل انیدریت در زیر میکروسکوپ.....	۳۰
شکل ۱-۲ سه نمونه تصویر برای مقاسیه میزان آنتروپی و یکنواختی.....	۴۰
شکل ۲-۲ تخمین داده‌ها به پنج تابع گوسی.....	۴۷
شکل ۳-۲ اجزای تشکیل دهنده فیلتر گابور.....	۴۹
شکل ۴-۲ نمونه‌هایی از فیلتر گابور با فرکانس و زاویه چرخش مختلف.....	۵۱

- شکل ۵-۲ نمونه‌ای از عملیات بازکردن ۵۳
- شکل ۶-۲ نمونه ای از عملیات بستن ۵۴
- شکل ۷-۲ اعمال عملیات بازکردن و بسته کردن بر تصویر اثر انگشت ۵۵
- شکل ۸-۲ نمایش بردارهای پشتیبان و مرز جدا کننده دو کلاس ۵۶
- شکل ۹-۲ تبدیل فضای داده‌ها ۶۰
- شکل ۱-۳ سه نمونه از تصاویر گرفته شده از خرده‌های حفاری ۶۴
- ۲-۳ خلاصه‌ای از دو الگوریتم پیشنهادی ۶۵
- شکل ۳-۳ تبدیل هر عکس 900×900 به پنجره‌هایی به ابعاد 300×300 در هر لایه کلیدی B ۶۶
- شکل ۴-۳ خوشه‌بندی به دو گروه و محاسبه مرکز خوشه‌ها و ماتریس کوواریانس هر خوشه ۶۸
- شکل ۵-۳ خوشه‌بندی به دو گروه و محاسبه مرکز خوشه‌ها و ماتریس کوواریانس هر خوشه ۶۹
- شکل ۶-۳ خوشه‌بندی به دو گروه و محاسبه مرکز خوشه‌ها و ماتریس کوواریانس پنجره اول مربوط به
- آسماری فوقانی ۷۰
- شکل ۷-۳ نمایش پراکندگی مرکز خوشه‌ها در ۲۵ پنجره از هر لایه ۷۱
- شکل ۸-۳ میزان تغییرات چهار ویژگی روشنایی، همبستگی، انرژی و همجنسی از پنج لایه مورد بررسی.
- ۷۷
- شکل ۹-۳ میزان تغییرات چهار ویژگی روشنایی، همبستگی، انرژی و همجنسی از پنج لایه مورد بررسی.
- ۷۸
- شکل ۱۰-۳ میزان تغییرات چهار ویژگی روشنایی، همبستگی، انرژی و همجنسی از پنج لایه مورد بررسی
- ۷۹

- شکل ۳-۱۱ میزان تغییرات چهار ویژگی روشنایی، همبستگی، انرژی و همجنسی از پنج لایه مورد بررسی در $\theta = \{35^\circ\}$ ۸۰
- شکل ۳-۱۲ تاثیر ابعاد پنجره بر روی عملکرد سیستم ۸۵
- شکل ۳-۱۳ تصاویر میکروسکوپی مطالعه شده توسط رسوب شناس ۸۷
- شکل ۳-۱۴ نمایش مراحل الگوریتم‌های پیشنهادی آموزش و آزمایش در آنالیز بافت ۹۰
- شکل ۳-۱۵ تبدیل مدل RGB به HSV در تصاویر نمونه ۹۱
- شکل ۳-۱۶ تخمین هیستوگرام به دو منحنی گوسی مربوط به سازند بخش ۱ سازند کچساران ۹۳
- شکل ۳-۱۷ استخراج پیکسل‌ها با شرایط اعمال شده از مدل GMM ۹۵
- شکل ۳-۱۸ حذف پیکسل‌های زائد تصاویر با استفاده از فیلتر گوسی دو بعدی ۹۷
- شکل ۳-۱۹ اعمال فیلتر گوسی ۹۸
- شکل ۳-۲۰ اعمال عملیات پس پردازش بر روی تصاویر ۹۹
- شکل ۳-۲۱ فیلترهای گابور اعمال شده بر تصاویر با ابعاد پنجره 50×50 ، مقیاس ۱، اپسیلن 0.1 ، مرکز $[0.1 \ 0.1]$ ۱۰۱
- شکل ۳-۲۲ تصاویر خروجی فیلتر با ابعاد پنجره 50×50 ، مقیاس ۱، اپسیلن 0.1 ، مرکز $[0.1 \ 0.1]$ ۱۰۲
- شکل ۳-۲۳ تصاویر خروجی فیلتر با ابعاد پنجره 50×50 ، با زاویه 0° ، اپسیلن 0.1 ، مرکز $[0.1 \ 0.1]$ ، ۱۰۴
- شکل ۳-۲۴ تغییرات میانگین روشنایی در تغییر مقیاس از 0.5 تا 6 ۱۰۵
- شکل ۳-۲۵ تصاویر خروجی فیلتر با ابعاد پنجره 50×50 ، با زاویه 0° ، مقیاس 5 ، مرکز $[0.1 \ 0.1]$ ۱۰۷
- شکل ۳-۲۶ تغییرات میانگین روشنایی در اثر تغییر اپسیلن از 3 تا 21 ۱۰۷
- شکل ۳-۲۷ تغییرات اندازه خطا نسبت به تغییر پارامتر مقیاس ۱۰۹

- شکل ۳-۲۸ اعمال کامل الگوریتم بخش‌بندی بر روی تصویر نمونه..... ۱۱۱
- شکل ۳-۲۹ اعمال کامل الگوریتم بخش‌بندی بر روی تصویر نمونه..... ۱۱۲
- شکل ۳-۳۰ تخمین میزان نسبت سنگ‌های تبخیری به غیر تبخیری..... ۱۱۴
- شکل ۳-۳۱ تخمین میزان نسبت سنگ‌های تبخیری به غیر تبخیری..... ۱۱۵
- شکل ۳-۳۲ ضعف الگوریتم در تشخیص پیکسل‌های تبخیری در خرده سنگهایی با شکستگی زیاد..... ۱۱۶
- شکل ۳-۳۳ ضعف الگوریتم در تشخیص پیکسل‌های سنگ‌های غیر تبخیری به عنوان پیکسل تبخیری به علت یکسان بودن شرایط رنگ تعیین شده در دو نوع سنگ..... ۱۱۷

فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

جدول ۱-۱ ستون چین‌شناسی و ضخامت مربوط به عضوهای سازند گچساران در چاه مورد آزمایش.

۲۳

جدول ۱-۲ نمایش مقادیر آنتروپی و یکنواختی در سه تصویر نمونه شکل ۱-۲..... ۴۰

جدول ۱-۳ مقادیر میانگین مرکز خوشه‌ها..... ۷۲

جدول ۲-۳ نتایج طبقه‌بندی آنالیز رنگ با ماشین بردار پشتیبان با توابع مختلف..... ۷۴

جدول ۳-۳ نتایج عملکرد سیستم در آنالیز رنگ همراه با مدت زمان پاسخ گویی الگوریتم به هر پنجره در

انتتهایی‌ترین لایه گچساران و لایه فوقانی آسماری..... ۷۵

جدول ۴-۳ طبقه‌بندی آنالیز بافت با ماشین بردار پشتیبان با توابع مختلف..... ۸۲

جدول ۵-۳ نتایج عملکرد سیستم در آنالیز بافت همراه با مدت زمان پاسخ گویی الگوریتم به هر پنجره

در انتتهایی‌ترین لایه گچساران و لایه فوقانی آسماری..... ۸۳

فصل اول

کلیات

کلیات

مقدمه

بیش از ۱۰۰ سال از اکتشاف اولین چاه نفت در میدان مسجد سلیمان می‌گذرد. این چاه در سال ۱۹۰۸ میلادی توسط گروه اکتشافی ویلیام ناکس دارسی به نفت رسید و میزان نفت استخراج شده ۳۶۰۰۰ لیتر، معادل ۲۲۶ بشکه بود؛ که بعدها به عنوان اولین چاه خاور میانه معروف گردید.

واقعیت آن است که سابقه اکتشاف نفتی در ایران بیش از این است بطوری‌که اولین و دومین چاه‌ها با اهداف نفتی در سال ۱۸۹۱ در منطقه دالکی در شمال شهر برازجان حفاری شده‌اند و حفاری چاه‌های فوق به دلیل عمق کم، نتیجه‌ایی در بر نداشتند و سپس سومین چاه در جزیره قشم نیز حفاری گردید که آن هم نتیجه بخش نبود [۱].

در سال ۱۹۰۳ گروه اکتشافی ویلیام ناکس دارسی دو حلقه چاه در منطقه چیا سرخ در شمال قصر شیرین با عمق کم حفاری کردند؛ که در عمق حدود ۵۰۰ متری به نفت رسید. لیکن به دلیل محدودیت تولید و هزینه گزاف حمل و نقل مقرون به صرفه نبود. در شکل ۱-۱ نمایی از چاه شماره ۲ چیا سرخ نشان داده شده است.



شکل ۱- نمای چاه شماره ۲ چیا سرخ در شمال قصر شیرین در

سال ۱۹۰۳ میلادی [۲]

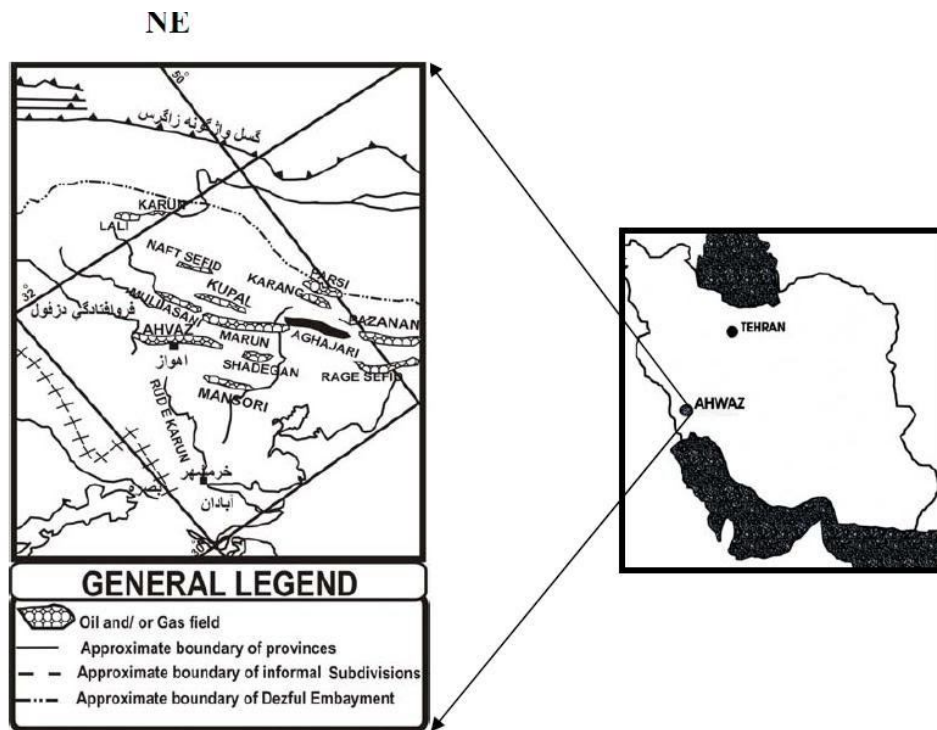
در سال ۱۹۰۶ و ۱۹۰۷ دو حلقه چاه دیگر در میادین ماماتین در شهرستان رامهرمز حفاری شدند که مخزن آن آسماری خشک و عاری از نفت بود. پس از آن کارشناسان شرکت اکتشافی دارسی با مشاهده چشمه‌های نفتی در منطقه نفتون (نام قدیم مسجد سلیمان)، به حفاری اولین چاه نفتی خاورمیانه پرداختند. تا اینکه در روز پنجم خرداد ۱۲۸۷ شمسی در عمق ۳۶۰ متری در مخزن آهکی آسماری، فوران نفت به میزان ۲۰ متر مشاهده گردید.

متعاقباً شرکت نفت انگلیس (BP)^۱ امتیاز استخراج نفت را از دارسی خریداری نمود و پس از کشف میدان مسجد سلیمان، عملیات حفاری به منظور توسعه مخزن آسماری و نیز اکتشاف منابع جدید نفت و گاز در زاگرس به ویژه در ناحیه فرو افتادگی دزفول (مناطق نفت خیز جنوب) گسترش یافت.

اکتشافات نفتی در منطقه زاگرس در سه حوضه اصلی فارس، لرستان و فروافتادگی دزفول به کار خود ادامه داد یافت بطوری که تاکنون قریب به ۸۰ میدان نفتی منحصراً در حیطه عملیاتی مناطق نفت خیز جنوب مورد اکتشاف قرار گرفته است. از این تعداد، ۴۰ میدان نفتی نقش بسزایی در تولید هیدروکربور به

^۱ British petroleum

عده دارند به گونه‌ایی که معادل ۷۵ درصد از کل تولید نفت جمهوری اسلامی ایران از این میادین تأمین می‌گردد [۲].



داده‌های مورد مطالعه در این پایان‌نامه در فروافتادگی دزفول و میدان منصوری واقع شده‌اند. پیش از توضیح موضوع در ادامه بحث ابتدا تعاریف اولیه‌ایی از مبانی مسائل در حوضه نفت بیان شده و در قسمت-های بعدی به بررسی موقعیت چاه مورد مطالعه پرداخته شده است.

تعاریف اولیه

• سازند

به مجموعه رسوبات سنگ شده‌ای گفته می‌شود که برخی از ویژگی‌های آن‌ها مانند سن، نوع فسیل، جنس، پیوستگی (قطع شدگی در آن دیده نشود و گسلی آن را قطع نکرده باشد)، ضخامت، رنگ تا حدودی مشترک است. در این میان سن و نوع فسیل سازند از اهمیت بیشتری برخوردار است. ممکن است برخی از این ویژگی‌ها در یک سازند مشترک نباشد. به طور مثال سازند آسماری در میدان اهواز و مارون دارای ضخامت‌های متفاوتی است. اما به دلیل آن که سایر ویژگی‌های سازند همچنان در میدان‌های مختلف یکسان است، آن را یک سازند واحد می‌شناسند. یک سازند ممکن است از یک یا چند لایه‌ی رسوبی تشکیل شده باشد. البته لایه‌های یک سازند کاملاً به هم پیوسته هستند.

• برون‌زد^۲ (رخنمون)

بخشی از سازند که به سطح زمین رسیده و دسترسی مستقیم به آن میسر است.

• نمونه‌معرف

بهترین محلی که می‌توان برون‌زد یک سازند را مورد مطالعه قرار داد؛ به طوری که نمونه بدست آمده تقریباً تمامی خصوصیات آن سازند را نشان دهد.

• سیستم نفتی

به مجموعه سنگ منشأ، سنگ مخزن و پوش‌سنگ یک سیستم نفتی می‌گویند.

²out crops

• میدان

به مجموعه یک یا چند مخزن نفت که دارای ساختار مشابهی باشند، یک میدان نفتی می‌گویند.

• حوضه

به مجموعه‌ای یک یا چند میدان نفتی که خصوصیات چینه‌شناسی یکسانی داشته باشند؛ حوضه نفتی می‌گویند. هر حوضه شامل چند سیستم نفتی است.

• پوش سنگ^۳

از آنجایی که نفت و گاز سبکتر از آب بوده و مخازن نیز در بسیاری مواقع تحت تاثیر شیب ناحیه‌ای قرار دارند، لذا نفت و گاز چه بصورت عرضی و چه در جهت قائم همراه آب و در خلال آب و سنگ عبور می‌کند، تا به یک ناحیه کمتر تراوا برخورد کرده و از حرکت باز ایستد. لایه غیر تراوا که سبب توقف نفت می‌شود را پوش سنگ می‌گویند.

پوش سنگ‌ها، در واقع سنگ‌هایی هستند که می‌توانند از حرکت رو به بالای هیدروکربن جلوگیری نمایند. پس پوش سنگ، سنگی است نفوذ ناپذیر که عموماً کیفیت آن به ضخامت، ارتفاع ستون هیدروکربن زیر آن، فشار جانبی و گسترش جانبی آن بستگی دارد. با افزایش پارامترهای مذکور کارایی یک پوش سنگ افزایش می‌یابد. این سنگ برخلاف سنگ مخزن از تراوایی و تخلخل بسیار پایین برخوردار است که مانع فرار نفت از طرف این سنگ می‌شود. پوش سنگ می‌تواند در بالا و یا در اطراف سنگ مخزن وجود داشته باشد و بر اساس نوع مخزن اشکال متفاوتی را دارا باشد. عدم وجود پوش سنگ موجب فرار نفت از سنگ مخزن شده و در این صورت مخزن نفتی موجود نخواهد بود. در ایران بهترین پوش سنگ در مناطق نفت خیز جنوب، سازند گچساران می‌باشد.

³ Cap rock

انواع مهم پوش سنگ: انواع مهم پوش سنگ در پنج گروه زیر قرار می گیرد.

(۱) سنگ های تبخیری: مهمترین سنگ ها را سنگ نمک و سنگ گچ تشکیل می دهند. نمک از ناتراواترین کانی هاست. همچنین خاصیت پلاستیک و انیدریت نیز دارای این ویژگی هاست که در نتیجه یا نمی شکند و یا اگر گسلی از داخل آن عبور کند، نمک آن شکستگی را می پوشاند. یکی از معروف ترین سنگ پوشش - های جهان، سنگ پوشش تبخیری سازند گچساران می باشد. که مخزن آسماری را می پوشاند.

(۲) سنگ پوشش های آواری: رس و شیل ها به دلیل ناتراوایی شان سنگ پوشش های مناسبی را می سازند. در میان رس ها، کائولینیت به دلیل مقاومت کم تر در مقابل فشار ضعیف ترین و مونت مورینیت به دلیل خاصیت شکل پذیری بالا، بهترین سنگ پوشش را می سازد.

(۳) سنگ پوشش های مارنی: مارن ها که مخلوطی از آهک و رس اند می توانند سنگ پوشش های نسبتا مناسبی را بسازند. این گروه از پوشش سنگ ها نسبت به سنگ های تبخیری و سنگ های رسی دارای ویژگی های ضعیف تری برای سنگ پوشش دارند.

(۴) سنگ پوشش های آهکی: سنگ آهک ریز بلور یا میکرایتی که از سنگ شدگی رسوبات آهکی به وجود می آید به دلیل ریزدانه بودن خاصیت نفوذ پذیری کمی داشته و می تواند مانند رس سنگ ها سنگ پوشش مناسبی را تشکیل دهد. این ساختار فقط در تاقدیس های با چین خوردگی ملایم و یا در نفت گیرهای چینه ای می تواند سنگ پوشش مناسبی را تشکیل دهد.

(۵) سنگ پوشش متفرقه: هیدروکربن های جامد یا نیمه جامد مانند قیرها گاهی با مسدود نمودن خلل و فرج سنگ ها راه عبور نفت و گاز را می بندند و می توانند سنگ پوشش متفرقه را به وجود آورند. ماسه سنگ های رس دار نیز ممکن است به حدی ناتراوا شوند که پوشش سنگ را بسازند.

• سنگ مخزن^۴

هرسنگی که دارای تخلخل موثر بالایی باشد، می‌توان آن را سنگ مخزن محسوب کرد. سنگ‌های مخزن به طور عمده مشتمل بر سنگ‌های رسوبی دگرگونی نشده مانند سنگ آهک، دولومیت و ماسه‌سنگ می‌باشد. شیل، اسلیت و سنگ‌های آذرین در شرایط بسیار نادر به صورت سنگ مخزن عمل کرده‌اند. سنگ مخزن ممکن است محدود به مخزن باشد و یا اینکه به مراتب فراتر از مخزن توسعه یابد.

از آنجایی که اغلب سنگ‌های مخزن از نوع رسوبی بوده و به این دلیل تقسیم‌بندی‌های توصیفی و ژنتیکی سنگ‌های رسوبی در مورد سنگ‌های مخزن نیز به کار برده می‌شود؛ سنگ‌های مخزن مفید بایستی دارای خلل به هم پیوسته بوده تا ذخیره ورودی را بتواند در خود نگهداری کند. به طور طبیعی ماسه‌سنگ‌های گری‌واکی و یا لیتارنیت از جمله سنگ‌های مخزن مفید محسوب نمی‌شوند. خلل و معابر سنگ‌های آهکی یا متأثر از محیط رسوبی بوده و یا اینکه ناشی از تحولات ثانویه بخصوص انحلال و شکستگی می‌باشد. به این دلیل سنگ‌های آهکی دانه‌ای (گرینستون و پکستون و یا ماداستون) که بالاخص در محیط بین موجی (پرانرژی) و در ناحیه مرجانی و تپه‌های دریایی تشکیل شده‌اند، از جمله سنگ‌های مخزن بسیار مفید محسوب می‌شوند. در ضمن سنگ‌های آهکی دانه‌ریز که بعد از آن شکسته شده‌اند، همانند سازند آسماری نیز مکانی بسیار مناسب جهت تجمع و ذخیره‌سازی هیدروکربور محسوب می‌شود.

• سنگ منشأ^۵

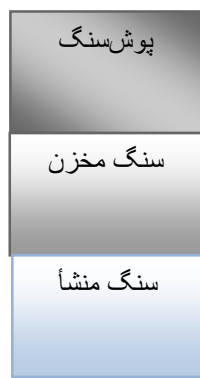
سنگ منشأ، محیط تشکیل نفت خام در میلیون‌ها سال پیش بوده است. اما نفت پس از تشکیل در این محیط به سمت سنگ مخزن حرکت می‌کند و در آنجا ذخیره می‌شود. کارشناسان اکتشاف نفت، پس از

^۴ Reservoir rock

^۵ Source rock

اکتشاف یک مخزن نفتی، با تشخیص سنگ منشأ و مطالعه آن، علاوه بر فهم برخی از ویژگی‌های کیفی نفت موجود در مخزن، می‌توانند تله‌های نفتی‌ای که ممکن است در مسیر حرکت نفت از سنگ منشأ به سنگ مخزن و بین آن دو وجود داشته باشد، را شناسایی کنند.

لایه‌های عمقی پوسته زمین ابتدا سنگ منشأ که تولید شدن نفت در این لایه‌ها انجام می‌شود قرار دارد، بر روی آن سنگ مخزن که محل نگه‌داری نفت است واقع شده و در نهایت پوش سنگ لایه‌ایی که به سطح زمین نزدیک‌تر است. در شکل ۱-۳ نحوه قرار گیری این سه قسمت بر روی یکدیگر بصورت شماتیک نشان داده شده است.



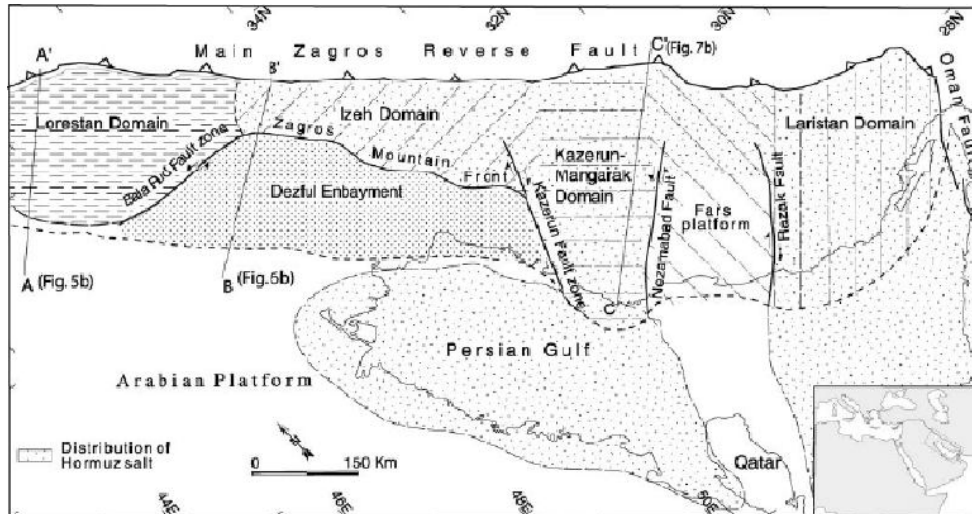
شکل ۳-Error! No text of specified style in document. نمایش شماتیک نحوه قرارگیری سنگ منشأ، سنگ

مخزن، پوش سنگ بر روی یکدیگر.

منطقه مورد مطالعه زاگرس

کوه‌های زاگرس در میان کمربند کوهزایی آلپ-همالیا توسعه یافته است، که بطول ۲۰۰۰ کیلومتر بین صفحه ایران مرکزی در شمال، به سمت شمال غربی تا روس در ترکیه، گسل عمان در سمت جنوب شرقی و جبهه مقدم چین خوردگی خلیج فارس در سمت جنوب غربی.

بر اساس رخساره‌های سنگی در توالی‌های رسوبی و الگوی ساختاری در طول کمربند، چین خوردگی رورانده زاگرس به مناطق متعددی تقسیم بندی شده است؛ که در شکل ۴-۱ نمایش داده شده است.



شکل ۴-۱ تقسیم‌بندی حوضه زاگرس [۴].

همانطور که در شکل ۴-۱ مشخص است، این تقسیم بندی عبارت است از:

- ۱- حوضه لرستان
- ۲- حوضه ایذه
- ۳- فروافتادگی دزفول
- ۴- پلتفرم فارس
- ۵- حوضه منگارک-کازرون
- ۶- حوضه لارستان

در تحقیق انجام شده از چاه‌هایی از حوضه فروافتادگی دزفول استفاده شده است؛ به همین منظور توضیح مختصری درباره این حوضه است.

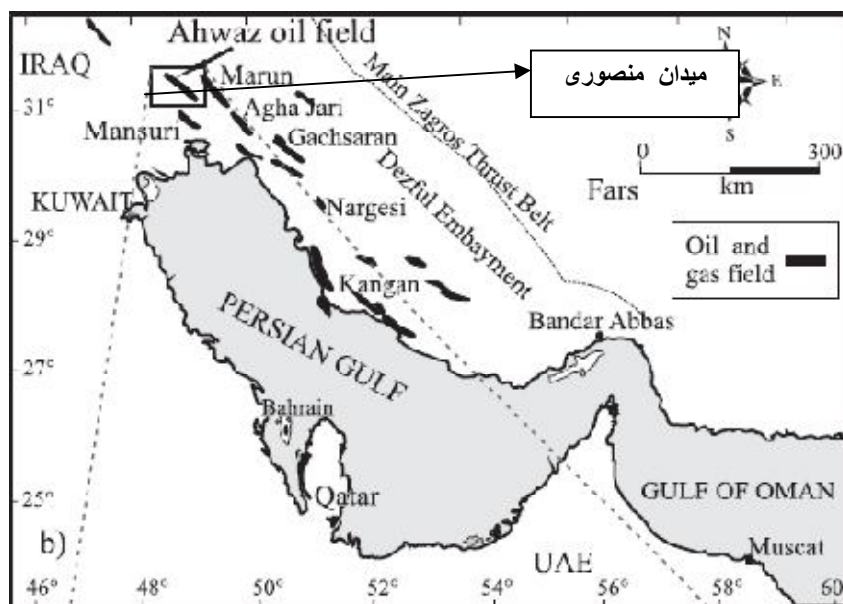
فروافتادگی دزفول

فروافتادگی دزفول محدود به گسل کازرون در شرق و زون خمشی بالارود در شمال است. فروافتادگی دزفول بطور کلی به ناحیه ای اطلاق می گردد که در آن سازند آسماری فاقد رخنمون است. این ناحیه در برگرنده حدود پانزده کیلومتر رسوبات از پالئوزوئیک تا عهد حاضر است. اکثر میدان‌های نفتی ایران در این ناحیه قرار دارند. این ناحیه دارای سیستم‌های نفتی متفاوت با دیگر نواحی هیدروکربوری ایران بوده و

از شناخته شده ترین نواحی هیدروکربوری محسوب می‌شود. در این پژوهش چاه مورد بررسی از میدان منصوری واقع در فروافتادگی دزفول است.

تاریخچه میدان منصوری

میدان منصوری در دشت خوزستان - جنوب غربی ایران - در ناحیه فروافتادگی دزفول شمالی، حدود ۶۰ کیلومتری جنوب غربی اهواز، واقع شده است. این میدان از سمت شمال غرب در همسایگی میدان اهواز و از سمت غرب در مجاورت آب‌تیمور و از شمال شرق در مجاورت میدان شادگان قرار دارد. میدان منصوری هیچ رخنمونی در سطح نداشته و از طریق اکتشافات زیرزمینی به کمک عملیات لرزه-نگاری در سال ۱۹۶۲ کشف شده است. با حفر اولین چاه اکتشافی در سال ۱۹۶۳، وجود هیدروکربور در هر دو مخزن آسماری و بنگستان تایید شد. طول این میدان در سطح تماس آب و نفت حدود ۳۹ کیلومتر و عرض آن حدود ۳/۵ کیلومتر است. ساختار این میدان نیز مانند بسیاری از میداین این ناحیه از روند زاگرس تبعیت می‌کند [۳]. در این میدان تا به حال ۶۰ حلقه چاه حفر گردیده است. در شکل ۱-۵ موقعیت جغرافیایی میدان مورد مطالعه بصورت شماتیک نمایش داده شده است.



شکل ۵- موقعیت جغرافیایی میدان منصوری در فروافتادگی

دزفول [۴].

معرفی سازندهای آسماری و گچساران

سازندهای مخزنی میدان منصوری دارای سه مخزن آسماری، بنگستان و خامی می‌باشد که مطالعه حاضر بر روی مخزن آسماری و پوش‌سنگ گچساران انجام شده است. با توجه به اهمیت این دو سازند که در بخش ۱-۶ بیان شده است، معرفی خصوصیات دو سازند آسماری و گچساران کمک شایانی در انجام آنالیزهای انجام شده در فصل سوم دارد.

سازند آسماری

آهک آسماری به نام آهک خمیر و در بعضی نقاط به نام‌های دیگری نام‌گذاری می‌شود. نام آسماری از کوهی به همین نام در خوزستان اخذ شده است. این کوه طاق‌دیس فشرده و فرسایش یافته‌ای تشکیل می‌دهد که در هسته آن سازند آسماری بیرون‌زدگی دارد.

برش الگوی این سازند در تنگ گل ترش در جنوب شرقی شهرستان مسجد سلیمان قرار دارد که دارای ضخامت ۳۱۴ متری است؛ ولی عموماً از چند متر تا ۵۱۸ متر متفاوت است و شامل آهک‌های مقاوم کرم تا قهوه‌ای رنگ با کمی لایه شیلی و دارای درزه‌های فراوان است. در این برش، آسماری پایینی دیده نمی‌شود و سن این سازند الیگومیوسن است.

سازند آسماری در مرز زیرین خود عموماً شیل‌ها و مارن‌های سازند پابده را به طور هم شیب می‌پوشاند؛ ولی در مرز لرستان با دگرشیبی فرسایشی روی سازند آهکی و دولومیتی شهبازان قرار می‌گیرد. در بخشی از نواحی فارس، به حالت هم شیب، سازند جهرم را فرا می‌گیرد. در مرز بالایی سازند گچساران قرار دارد؛ که در بخش مهمی از جنوب غربی ایران سازند آسماری را به حالت هم شیب می‌پوشاند. در فارس داخلی هم سازند رازک که جایگزین گچساران می‌شود به طور هم شیب بر روی آسماری قرار می‌گیرد.

سازند آسماری دارای دو بخش می‌باشد:

- ۱- **بخش ماسه‌سنگی اهواز:** این بخش، از ماسه‌سنگ آهکی، گاهی آهک ماسه‌ای، همراه با کمی شیل تشکیل شده است و بخش قاعده‌ی این سازند را در چاه‌های نفتی، اهواز و منصوری تشکیل می‌دهد.
- ۲- **بخش انیدرید کلهر:** مقطع نمونه در لرستان، در منطقه‌ای به نام کوه اناران واقع است. در واقع بخش میانی سازند آسماری، رخساره ویژه‌ای دارد که به آن بخش کلهر می‌گویند و ضخامت آن ۱۱۹ متر است و از نظر لیتولوژی شامل:

الف) لایه ژئوپس به ضخامت ۵ متر

ب) مارن و آهک مارنی به ضخامت ۲۰ متر

ج) ژئوپس ضخیم لایه به ضخامت ۹۵ متر

د) دو لایه آهکی نازک می‌باشد.

سازند آسماری در فروافتادگی دزفول گسترش فراوان دارد و از لحاظ سنگ‌شناسی شامل آهک، دولومیت، آهک رسی و شیل است. در آسماری زیرین و میانی شدت دولومیتی شدن بیشتر از قسمت بالایی است و این نشان می‌دهد محیط رسوبی آسماری زیرین و میانی نیمه عمیق ساحلی بوده (به دلیل وجود بخش انیدریتی کلهر) و در آسماری بالایی میزان آهک و شیل بیشتر به چشم می‌خورد. همچنین حوضه عمیق بوده و به همین دلیل در دو زمان الیگوسن و میوسن نهشته شده است.

سازند گچساران

سازند گچساران به دلیل وجود واحدهای سنگی شکل‌پذیر، برش الگوی کاملی در سطح زمین ندارد و اطلاعات موجود براساس برش تلفیقی چاه‌های میدان گچساران است؛ که به عنوان برش الگو شناخته شده است. سنگ‌شناسی کلی این سازند شامل نمک، انیدریت، مارن‌های رنگین آهکی، مقداری شیل بیتومینه و در بعضی نقاط به جای انیدریت، ژئپس دیده می‌شود.

سازند گچساران به دلیل وجود نمک و انیدریدهای فراوان به عنوان پوش‌سنگ میدان‌های نفتی آسماری عمل می‌کند. سن سازند گچساران در نواحی مختلف متفاوت است. به گونه‌ای که در مرز پایینی آن در حوالی جزیره قشم با سن الیگوسن تا ائوسن بوده ولی در نواحی شمالی سن میوسن پیشین دارد. سازند گچساران به لحاظ لیتولوژیکی شامل هفت بخش می‌باشد که در مجموع دارای حدود ۱۷۰۰ متر ستبرا است. در جدول ۱-۱ نوع ستون چینه‌شناسی و ضخامت مربوط به هر بخش نشان داده شده است.

جدول ۱-Error! No text of specified style in document. ستون چینه شناسی و ضخامت مربوط به عضوهای

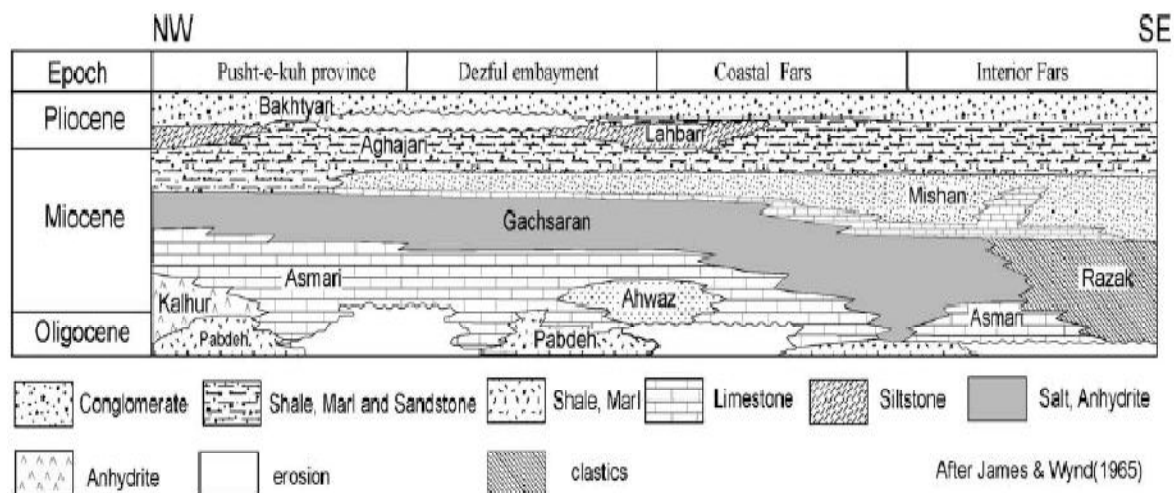
سازند گچساران در چاه مورد آزمایش.

شماره عضو	ضخامت لایه (متر)	لیتولوژی ^۶
۷	۱۶۵	انیدریت، مارن خاکستری، آهک
		نمک، انیدریت، مارن قرمز، مارن خاکستری

^۶ لیتولوژی‌ها به ترتیب فراوانی ذکر شده است.

۶	۳۹۵	
۵	۱۷۸	نمک، انیدریت، مارن خاکستری
۳	۱۹۰	انیدریت، نمک، مارن خاکستری
۲	۷۷	نمک، انیدریت، مارن خاکستری
۱	۵۶	انیدریت، آهک، شیل بیتومینه، مارن خاکستری

در منطقه زاگرس بویژه در فروافتادگی دزفول بیشتر مناطق سازندگچساران به عنوان پوش سنگ در بالای سازند آسماری قرار دارد [۵]. نحوه قرار گیری سازندها و سن آنها در منطقه زاگرس در شکل ۱-۶ نمایش داده شده است:



شکل ۶- نحوه آرایش سازندها و سن تشکیل آنها در حوضه‌های

نفی در جنوب غربی ایران [۵].

با توجه به این موضوع که فروافتادگی دزفول شامل بیشترین مخازن نفتی ایران می‌شوند؛ سازند گچساران به عنوان پوش‌سنگ مخزن آسماری از اهمیت ویژه‌ای در هنگام حفاری چاه برخوردار است.

حفاری چاه‌های نفتی

برای اجرای عملیات حفاری در ابتدا باید مطالعات لازم در منطقه قبل از شروع عملیات حفاری انجام شود که بطور خلاصه برنامه پیش‌بینی و زمین‌شناسی حفاری عبارت است از:

۱. تعیین موقعیت چاه

۲. سنگ‌شناسی، فسیل‌شناسی، ضخامت، توالی و فشارلایه‌ها و سازندها

۳. طراحی وزن و نوع گل و مکان پاشنه لوله‌های جداری.

۴. خلاصه‌ای از اطلاعات چاه‌ها و تاق‌دیس‌های مجاور

۵. برنامه مغزه‌گیری، نمودارگیری و آزمایش چاه

بعد از انجام مراحل فوق اقدام به اجرای عملیات حفاری انجام می‌شود.

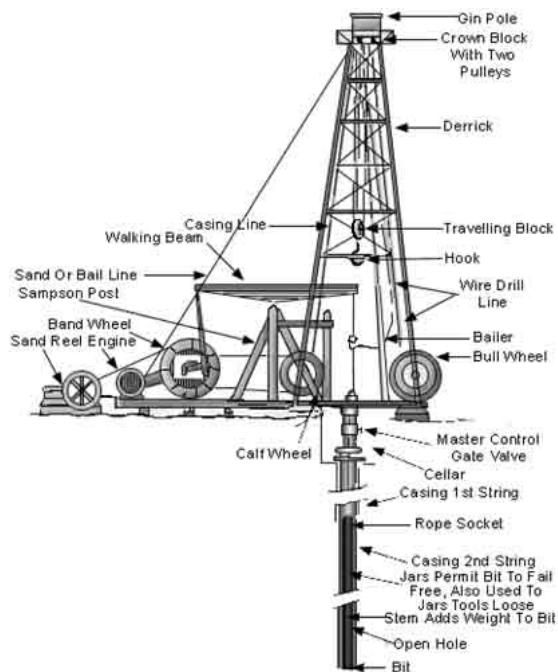
امروزه انجام حفاری دورانی^۷ متداول است، که جایگزین روش قدیمی‌تر ضربه‌ای شده است. در این سیستم مته که به لوله حفاری^۸ متصل است، در داخل چاه دوران می‌کند و طبقات زمین را حفر می‌نماید. خرده‌سنگ‌های کنده شده^۹ همراه گل حفاری که با فشار از منافذ مته خارج می‌شود، از اطراف لوله حفاری و داخل آنالوس به سطح می‌آید و روی الکهای مخصوص می‌ریزند. این نمونه‌ها بوسیله زمین‌شناسان به تناوب معینی که به سرعت حفاری و فواصل نمونه‌گیری بستگی دارد، از داخل ظرف مخصوص که در زیر

⁷ Rotary drilling

⁸ Drill pipe

⁹ Cutting drilling

الک تعبیه شده است، جمع‌آوری و مطالعه می‌شود [۶]. در شکل ۱-۷ شکل شماتیک یک دکل حفاری و قسمت‌های مختلف آن نمایش داده شده است.



شکل ۷- نمایش شماتیک قسمت‌های مختلف یک دکل حفاری.

اهمیت شناسایی سازند گچساران و آسماری در هنگام عملیات حفاری

عملیات حفاری چاه‌های نفتی زمان‌بر، پیچیده و پرهزینه است [۷] و [۸]. بنابراین افزایش سرعت و ایمنی حفاری، موضوع مورد توجه کارشناسان مربوطه است [۹]. از مخاطرات حفاری چاه‌های نفتی در ایران، عبور از سازندهای پُرفشار به کم‌فشار و یا بالعکس است که در مرزهای گذار می‌بایست بتن‌گذاری^{۱۰} دیواره انجام شده و سپس حفاری با فشار گِل متناسب با فشار سازندی ادامه پیدا کند. به این منظور زمین‌شناسان خبره سرچاه، خرده‌های حفاری را مطالعه و نوع سازند را تشخیص می‌دهند. یکی از مرزهای سازندی حساس در چاه‌های نفتی ایران، شناسایی مرز گچساران - آسماری است. بطور کلی اهمیت شناسایی این

¹⁰ Casing

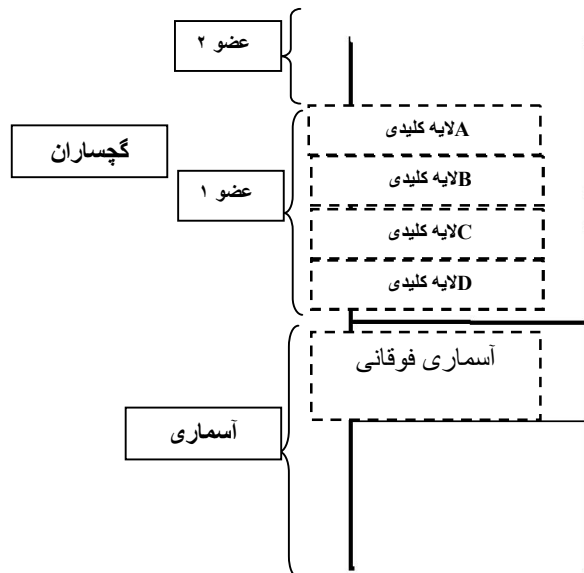
دو سازند از دو جهت حائز اهمیت است: یکی از جهت نوع گل حفاری مورد استفاده قرار گرفته و دیگری نوع مته حفاری است. از لحاظ تعیین نوع گل حفاری از این جهت حائز اهمیت است که شکل‌پذیری پوش‌سنگ گچساران، این سازند را به سازندی پرفشار تبدیل کرده است؛ بطوری که فشار منفذی در این سازند حدود 4000 psi است. در حالی که با توجه به شکنندگی سازند آسماری، فشار مذکور در مخزن آسماری در حدود 800 psi است. لذا این تفاوت در فشار سازندی نیاز به استفاده از گل حفاری با وزن متفاوت دارد. همچنین سازند گچساران غنی از نمک و مارن است؛ لذا استفاده از گل اشباع از نمک برای ممانعت از حل شدن نمک در گل و ایجاد حفره در دیواره چاه بسیار مهم است. بنابراین بتن‌گذاری در مرز دو سازند و ادامه حفاری در آسماری با فشار گل پائین، حائز اهمیت است. از لحاظ تمایز در استفاده از مته‌های مختلف برای عملیات حفاری بدین‌صورت است که برای سازند گچساران از نوع مته الماسه^{۱۱} و در سازند آسماری از مته‌های دندانه کوتاه و دکمه‌ای استفاده می‌شود. سازند گچساران شامل هفت عضو^{۱۲} است؛ که در جدول ۱-۱ این هفت عضو و لیتولوژی آنها بیان شده است. با توجه به متوقف ساختن عملیات حفاری در یکی از لایه‌های کلیدی^{۱۳} A, B, C, D موجود در عضو اول^{۱۴}، شناسایی و طبقه‌بندی این لایه‌های کلیدی از یکدیگر و همچنین از لایه فوقانی آسماری به منظور متوقف کردن عملیات حفاری و انجام عملیات بتن‌گذاری، از اهمیت فراوانی برخوردار است بطوری که اشتباه در شناسایی آنها باعث از بین رفتن چاه و ضررهای مالی فراوانی خواهد شد. نحوه قرارگیری دو سازند و همچنین لایه‌های کلیدی در عضو اول سازند گچساران بصورت شماتیک در شکل ۱-۸ نمایش داده شده است.

¹¹ Diamond Bit

¹² Member

¹³ Key bed

¹⁴ BED 1



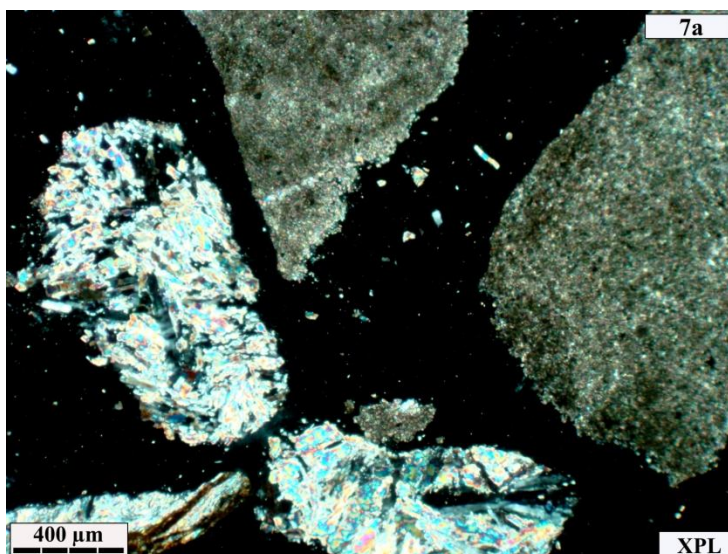
شکل ۸- نحوه قرار گیری لایه‌های کلیدی در سازند گچساران و

موقعیت آنها نسبت به سازند آسماری در چاه نمونه.

امروزه زمین‌شناس مجرب سر چاه با مطالعه میکروسکپی خرده‌ها و استفاده از خواص رنگ، اندازه، چگونگی شکستگی آنها، به مطالعه نوع سازند می‌پردازد. همچنین با مطالعه میکروسکپی به تشخیص نوع سازند می‌پردازد و تصمیم لازم را برای ادامه عملیات حفاری اتخاذ می‌کند.

بررسی خواص میکروسکپی دو سازند گچساران و آسماری

یکی از راههای مهم برای تشخیص نوع سازند توسط زمین‌شناس سر چاه، تهیه مقاطع نازک از خرده‌های حفاری و آنالیز آنها زیر میکروسکوپ است. در شکل ۹-۱ نمونه‌ای از تصاویر میکروسکپی لایه کلیدی C نمایش داده شده است.



شکل ۹- نمونه‌ای از تصویر میکروسکپی کانیه‌ها در یک

میکروسکوپ پلاریزه

مشخصات میکروسکپی سازند

سازند گچساران یکی از انواع پوش‌سنگ‌ها محسوب می‌شود و باید از نوع سنگ‌هایی باشد که تراوایی صفر داشته باشد، اما با توجه به اینکه اساساً سنگی که تراوایی صفر داشته باشد وجود ندارد بعضی از سنگ‌ها مانند تبخیری‌ها تراوایی خیلی کمی دارند، در حدی که می‌توان آن را نادیده گرفت.

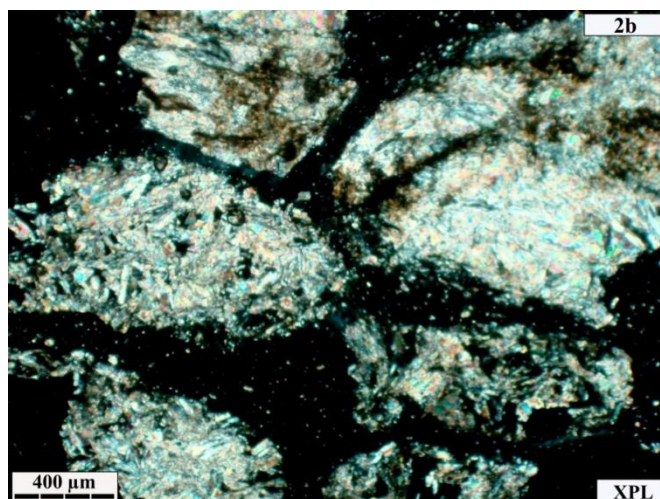
پوش‌سنگ‌ها می‌توانند از انواع سنگ‌های رسوبی مانند کربنات‌ها، آواری‌ها، تبخیری‌ها باشند. سنگ‌های کربناته، میکریت‌ها می‌توانند یک پوش‌سنگ خوب باشند، در آواری‌ها سنگ‌های دانه ریز مانند شیل می‌تواند یک پوش‌سنگ خوب محسوب شود. اما سرانجام آخرین و مهمترین گروه پوش‌سنگ‌ها، گروه تبخیری‌ها مانند انیدریت و نمک است. این دو گروه از بهترین پوش‌سنگ‌ها هستند، چون تراوایی نزدیک به صفر دارند و عملکردشان در برابر نیروهای تکتونیکی، شکننده نیست.

با توجه به لیتولوژی سنگ‌های سازند گچساران که در جدول ۱-۱ آمده است، واضح است که انیدریت از کانی‌های تبخیری، دارای بیشترین سهم در تشکیل سازند گچساران در چاه مورد مطالعه است. یکی از

ملاک‌های مهم در آنالیز میکروسکوپی، شناسایی ساختار این کانی از قبیل رنگ و شکل این لیتولوژی است.

سنگ‌های تبخیری

تبخیری‌ها سنگ‌هایی هستند، متشکل از کانی‌هایی که در اثر تبخیر آب‌های طبیعی ته‌نشین می‌شوند. اگرچه فقط تعداد کمی کانی در نهشته‌های تبخیری دریایی یافت می‌شود، اما بافت‌های پیچیده موجود در این نهشته‌ها، ممکن است در اثر جانشینی یک کانی دیگر در طی فرآیند دیاژنز به وجود آمده باشد. در اثر تبخیر آب دریا، اولین کانی که بعد از کربنات‌ها ته‌نشین می‌شود، کلسیم سولفات است. ژپس که شکل آبدار کلسیم سولفات است، فقط در نزدیکی سطح زمین تشکیل می‌شود، در حالی که انیدریت (CaSO_4) هم در سطح تشکیل می‌شود و هم در اعماق جانشین ژپس می‌شود. ژپس در عکس‌هایی که با نور پلاریزه گرفته می‌شود، معمولاً دارای برجستگی کم و رنگ‌های تداخلی خاکستری کم رنگ (نوع درجه یک) است؛ اما انیدریت با برجستگی بالاتر نسبت به ژپس و بلورهای کشیده (الواری) و نمود شعاعی نسبت به هم و همچنین رنگ‌های تداخلی روشن درجه دوم که شاخص انیدریت است؛ قابل مشاهده است. شکل ۱-۱۰ نمونه‌ای از تصویر میکروسکوپی که سنگ‌های آن حاوی انیدریت هستند را نمایش می‌دهد.



شکل ۱۰-Error! No text of specified style in document. شکل پنج تکه سنگ شامل انیدریت در زیر

میکروسکوپ.

همانطور که در شکل ۱۰-۱ مشاهده می شود بلورهای انیدریت کشیده و دارای رنگ های تداخلی هستند.

مشخصات میکروسکپی سازند آسماری

یک مخزن هیدروکربنی، سنگی است که هم دارای ظرفیت ذخیره سازی و هم توانایی عبور سیال از میان خود داشته باشد که این ویژگی ها منجر به متخلخل و تراوا بودن این نوع سنگ می شود. مخزن به طور عمده مشتمل بر سنگهای رسوبی دگرگونی نشده مانند سنگ آهک، دولومیت و ماسه سنگ می باشد. شیل، اسلیت، و سنگهای آذرین در شرایط بسیار نادر به صورت سنگ مخزن عمل کرده اند. لیتولوژی سازند آسماری در چاه مورد آزمایش بیانگر این مطلب است که خرده های حفاری بیشتر شامل لیتولوژیهای آهک و شیل است.

مروری بر کارهای گذشته

امروزه استفاده از تکنیک‌های پردازش هوشمند به منظور حل مسائل حوزه علوم زمین توسعه مناسبی یافته است و روش‌هایی نیز برای تشخیص نوع سازند و نوع لیتولوژی سنگ‌ها در هنگام عملیات حفاری ارائه شده است [۱۰]. در سال ۲۰۰۹ مارانا و همکاران [۱۱] به آنالیز خرده‌های حفاری موجود بر روی نوار نقاله تکان دهنده شیل^{۱۵} پرداختند. هدف آنها در این آنالیز طراحی سیستمی اتوماتیک به منظور تخمین میزان ریختگی چاه در خرده‌های حفاری بوده است. آنها با عکس‌برداری از خرده‌های موجود بر روی نوار نقاله تکان دهنده شیل به استخراج ویژگی و طبقه‌بندی پرداخته‌اند و میزان ریختگی‌های دیواره را در سه کلاس: زیاد، متوسط و کم تخمین زده‌اند که نتایج حاصل قابل قبول بوده است.

امروزه سیستم‌های ثبت داده برای مانیتور کردن عملیات حفاری چاه مورد استفاده قرار می‌گیرند و که در هر لحظه از عملیات حفاری، اطلاعات مربوط به چاه را ثبت می‌کند. تحقیقات زیادی در زمینه مانیتور کردن مراحل حفاری چاه انجام شده است [۱۲] [۱۳] [۱۴]. یک از این سیستم‌ها Mud-logging است، که کار این سیستم اندازه‌گیری اطلاعات زمین‌شناسی و مکانیکی چاه نفت است. اطلاعات ثبت شده توسط Mud-logging و آنالیز خرده‌های حفاری امکان آنالیز لیتولوژی چاه را به زمین‌شناس سر چاه می‌دهد [۱۵]. در سال ۲۰۰۶ سراپیاو و همکاران [۱۶]، ضمن استفاده از تکنیک‌های شناسایی الگو اقدام به تفسیر داده‌های mud-logging ثبت شده به منظور طبقه‌بندی اتوماتیک سازندها، حین حفر چاه‌ها کردند. ایشان با توجه حجم بالای اطلاعات حاصل از mud-logging، از تکنیک ماشین بردار پشتیبان جهت شناسایی سازندهای حین حفر استفاده کردند. همچنین در سال ۲۰۰۲ ایلماز و همکاران [۱۷]، و در سال ۲۰۰۵ کُلهو و همکاران [۱۸]، و در سال ۲۰۰۶ فُنسکا و همکاران [۱۹] و با استفاده از شبکه‌های عصبی به نمایش عملیات حفاری پرداخته‌اند.

¹⁵ Shale shaker

امروزه تلاش زیادی به منظور کاهش مخاطرات عملیاتی حفاری مخصوصاً در هنگام عملیات بتن‌گذاری شده است. استفاده از آنالیز ریسک^{۱۶} به عنوان یکی از روش‌هایی است که برای محاسبه احتمال موفقیت حفاری [۲۰]، پیش‌بینی محصول [۲۱] و قیمت نفت [۲۲] در چاه‌های نفتی بیان شده است. همچنین اخیراً استفاده از تکنیک (CWD)^{۱۷} به عنوان روشی نوین به منظور بهبود عملیات حفاری و کاهش خطرات موجود در آن مورد استفاده و گسترش قرار گرفته است [۲۳].

اولین قدم در آنالیز تصاویر میکروسکوپی به منظور شناسایی و طبقه‌بندی اجزای سنگها (اندازه، شکاف)^{۱۸} بخش‌بندی کانی‌ها از تصاویر پس‌زمینه است. روش‌های اتوماتیک شناسایی لبه^{۱۹} امروزه پیشرفت قابل ملاحظه‌ای داشته‌اند [۲۴] [۲۵] [۲۶]. یکی از روش‌های معمول استفاده از الگوریتم شناسایی لبه و روش رشد ناحیه‌ای^{۲۰} برای مشخص کردن لبه دانه‌ها در تصاویر است. در سال ۲۰۱۰ لو و نبیگ با توجه به نویز موجود در تصاویر میکروسکوپی از معادله روش دیفرانسیل با مشتقات جزئی^{۲۱} (PDF) برای بخش‌بندی استفاده کردند؛ که بدین‌منظور آنها از روش PDE بر پایه فیلترینگ به منظور حذف نویز و ثابت ماندن لبه‌ها استفاده کرده‌اند [۲۷]. همچنین در سال ۲۰۱۰ لی و همکاران [۲۸] با استفاده از روش سیستم اطلاعات جغرافیایی^{۲۲} به شناسایی و طبقه‌بندی اتوماتیک اجزای موجود در تصاویر پلاریزه میکروسکوپی پرداختند.

¹⁶ Risk analysis

¹⁷ Casing-while-Drilling

¹⁸ Chink

¹⁹ Automated edge detection

²⁰ Region Growing

²¹ partial differential equation(PDE)

²² Geographic Information System(GIS)

فصل دوم

تئوری روش‌ها

تئوری روش‌ها

درک روش‌های پیشنهادی در فصل سوم نیازمند تشریح تئوری آنها می‌باشد که در این فصل می‌پردازیم.

خوشه‌بندی به روش میانگین فازی

الگوریتم میانگین فازی^{۲۳} (FCM)، یکی از روش‌های خوشه‌بندی است که در سال ۱۹۷۳ توسط Dunn بیان شد و در سال ۱۹۸۱ توسط Bezdek این الگوریتم توسعه یافت که در حال حاضر کاربردهای فراوانی در شناسایی آماری الگو دارد [۲۹].

ایده اصلی این الگوریتم بر پایه مینیمم کردن معیار خوشه‌بندی فازی است، که بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$J_m(U, V) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m d_{ik}^2(x_k, v_i)$$

$$U = \{u_{ik}\} \in R^\infty \quad (1-2)$$

$$V = \{v_1, v_2, \dots, v_c\}$$

الگوریتم مجموعه‌ای از داده‌ها را بصورت $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\} \in R^d$ به C خوشه تقسیم می‌نماید. در این خوشه‌بندی هر داده می‌تواند عضو تمام خوشه‌ها با درجه عضویت‌های متفاوت باشد. میزان عضویت داده x_k به کلاس i ام بصورت u_{ik} مشخص می‌شود و مجموعه مراکز خوشه‌ها را مشخص می‌کند [۳۰].

در رابطه (۱-۲) d_{ik}^2 فاصله داده x_k از مرکز v_i را مشخص می‌کند. با حداقل شدن تابع J ، داده‌هایی که به مراکز خوشه‌ها نزدیک هستند (d_{ik}^2 کوچک) می‌توانند به این خوشه‌ها درجه تعلق بالایی داشته باشند

²³ Fuzzy c-mean clustering

در حالیکه اگر داده‌ای از مرکز خوش دور باشد (d_{ik}^2 بزرگ) می‌بایست درجه تعلق آن کوچک باشد تا J

مینیمم گردد. m پارامتری است که تأثیر میزان تعلق را در این رابطه تنظیم می‌کند.

در سال ۱۹۹۵ Bezdek و Pal نشان دادند که بهترین رنج تغییرات m بین $[۱/۵, ۲/۵]$ است که معمولاً

$m = 2$ بهترین انتخاب است. مینیمم کردن تابع ۲-۱ شامل مراحل زیر است:

ا. مقدار دهی اولیه بصورت تصادفی به مرکز خوشه‌ها

ب. محاسبه ماتریس میزان درجه عضویت هر داده به فرم زیر:

$$u_{ik} = \begin{cases} \left[\sum_{i=1}^c \left(\frac{d_{ik}(x_k, v_i)^{\frac{2}{m-1}}}{d_{jk}(x_k, v_j)^{\frac{2}{m-1}}} \right) \right]^{-1} & k=1,2,\dots,n, \|x_k - v_j\| \neq 0 \\ 1 & \|x_k - v_j\| = 0, (k=j) \\ 0 & \|x_k - v_j\| = 0, (k \neq j) \end{cases} \quad (۲-۲)$$

ت. به‌روز کردن مرکز خوشه‌ها:

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m} \quad i=1,2,\dots,c \quad (۳-۲)$$

و محاسبه $J_m(U, V)$.

ث. معیار $\|J_m^{(k+1)} - J_m^k\| \leq \varepsilon$ به عنوان شرطی برای توقف الگوریتم ارزیابی می‌شود در صورتیکه

معیار برآورده نشده باشد مرحله دوم الگوریتم تکرار می‌شود.

با همگرا شدن الگوریتم و متوقف شدن آن می‌توان مرکز هر خوشه و همچنین میزان وابستگی هر کدام از نمونه‌ها به هر خوشه را محاسبه کرد. در استفاده از این الگوریتم معمولاً ماکزیمم میزان وابستگی به هر گروه تعلق آن عضو به گروه مورد نظر را بیان می‌کند.

توصیف‌گرهای بافتی

یک روش مهم برای توصیف یک ناحیه، کمی‌سازی محتوای بافت آن است. این توصیف‌گر بیانی از خواصی نظیر همواری^{۲۴}، زبری^{۲۵} و منظم بودن^{۲۶} بافت است. سه روش اصلی برای توصیف بافت یک ناحیه عبارت از روش‌های آماری، ساختاری و طیفی هستند. روش‌های آماری خصوصیات همواری، زبری و دانه‌ای بودن را بیان می‌کنند. روش‌های ساختاری با ترتیب عناصر سازنده تصویر، نظیر توصیف بافت مبتنی بر خطوط موازی با فواصل منظم سر و کار دارند. روش‌های طیفی مبتنی بر مؤلفه‌های فرکانسی سیگنال بود و ساختارهای تکرار پذیر بافت را آشکار می‌کند [۳۱].

توصیف‌گرهای بافتی حاصل از روش‌های آماری

یکی از ساده‌ترین روش‌ها برای توصیف بافت، استفاده از گشتاور بافت نگار سطح خاکستری تصویر یا یک ناحیه از آن است. اگر Z بیانگر سطح خاکستری پیکسل‌های تصویر باشد، به صورتی که $i = 1, 2, \dots, l$ و $p(z_i)$ توصیف کننده هیستوگرام تصویر باشد، که در آن l تعداد سطوح متفاوت خاکستری است، گشتاور مرتبه n برای Z حول میانگین عبارتست از:

²⁴ Smoothness

²⁵ Coarseness

²⁶ Regularity

$$\mu_n(z) = \sum_{i=1}^l (z_i - m)^n p(z_i) \quad (۴-۲)$$

که m مقدار میانگین z سطح متوسط خاکستری است:

$$m = \sum_{i=1}^L z_i P(z_i) \quad (۵-۲)$$

با توجه به این معادله $\mu_0 = 1$ و $\mu_1 = 0$ خواهد بود. گشتاور دوم، که واریانس نیز خوانده می‌شود و با $\sigma^2(z)$ نشان داده می‌شود، اهمیت ویژه‌ای در توصیف بافت دارد. این گشتاور معیاری از وضوح سطح خاکستری است. گشتاور سوم نیز بیانی از میزان اریبی هیستوگرام چگالی سطح روشنایی تصویر است، در حالی که گشتاور چهارم میزان تیزی هیستوگرام را مشخص می‌کند. گشتاورهای پنجم و بالاتر چنین رابطه ساده‌ای را با شکل هیستوگرام ندارند، اما در تشخیص کمی محتوای بافتی به ما کمک می‌کنند. گروهی از خصوصیات آماری که تنها با استفاده از هیستوگرام‌ها محاسبه می‌شوند، این محدودیت را دارند که هیچ اطلاعاتی راجع به محل نسبی پیکسل‌ها حمل نمی‌کنند. یک راه برای استفاده از این نوع اطلاعات در فرآیند تحلیل بافت این است، که نه تنها توزیع شدت‌ها بلکه محل پیکسل‌های با مقدار شدت یکسان یا تقریباً یکسان را نیز مورد توجه قرار دهیم. همچنین محاسبه این گشتاورها برای مؤلفه‌های رنگی و هرکدام از مؤلفه‌های رنگ، اشباع و شدت هم می‌تواند به عنوان ویژگی‌های مهمی در نظر گرفته شود [۳۲].

توصیف‌گرهای بافتی حاصل از ماتریس هم‌رخداد

ماتریس هم‌رخداد یک توصیف‌گر بافت است، که خصوصیات ساختاری بافت را مشخص می‌کند. به منظور محاسبه ماتریس هم‌رخداد از یک تصویر $N \times N$ یک ماتریس A با ابعاد $G \times G$ تشکیل می‌دهیم. اجزای

تشکیل دهنده این ماتریس، زوج نقاطی هستند که در جهت مشخص به فاصله P از یکدیگر قرار دارند. اگر n تعداد سطوح خاکستری متفاوتی باشد که پیکسل‌های تصویر اولیه دارا هستند، آنگاه با تقسیم هر عنصر A بر n ماتریس تصادفی هم‌رخداد^{۲۷} C حاصل می‌شود. در این حالت c_{ij} تخمینی از این احتمال توام است، که یک زوج پیکسل که در فاصله p از یکدیگر قرار دارند مقادیر (z_i, z_j) را داشته باشند. نظر به این که C به P بستگی دارد، می‌توان با انتخاب یک جهت مناسب الگوهای بافتی معینی را در تصویر آشکار کرد. معمولاً جهات $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ برای آشکارسازی الگوهای بافتی استفاده می‌شوند. به عبارت کلی‌تر هدف تحلیل ماتریس C داده شده به منظور دسته بندی بافت ناحیه‌ای که C بر روی آن محاسبه شده است، می‌باشد. مجموعه‌ای از توصیف‌گرها که از روی ماتریس هم‌رخداد تعریف می‌شوند در ادامه توضیح داده خواهند شد [۳۱].

آنتروپی یا بی‌نظمی تصویر^{۲۸}

آنتروپی یا بی‌نظمی تصویر، در واقع میزان پیچیدگی یک تصویر را مشخص می‌کند. تصاویر با پیچیدگی-های بیشتر، از آنتروپی بالاتر برخوردار هستند:

$$Entropy = - \sum_j \sum_i C_{(i,j)} \log C_{(i,j)} \quad (۶-۲)$$

که در آن i, j پیکسل‌های تصاویر گرفته شده هستند و ماتریس C نیز یک ماتریس هم‌رخداد می‌باشد. بیشترین مقدار آنتروپی زمانی اتفاق می‌افتد، که تمام عناصر C با یکدیگر برابر باشند. کمترین مقدار آنتروپی نیز برابر صفر بوده و زمانی اتفاق می‌افتد، که تمام پیکسل‌های تصاویر دارای یک شدت روشنایی باشد [۳۳].

^{۲۷} Co-occurrence matrix

^{۲۸} Entropy

تباین تصویر^{۲۹}

معیاری برای بیان میزان تنوع و اختلاف مکانی یک تصویر است. فرمول مورد استفاده برای وضوح یک تصویر به صورت زیر می‌باشد:

$$Contrast = \sum_i \sum_j (i - j)^2 C_{(i,j)} \quad (۷-۲)$$

که همانند فرمول قبلی i, j درایه‌های پیکسل تصاویر و $C(i, j)$ ماتریس هم‌رخداد می‌باشد [۵۶].

انرژی یک تصویر^{۳۰}

انرژی یک تصویر در واقع بیان‌کننده یکنواختی تصویر می‌باشد. هرچه قدر یکنواختی تصویر کمتر باشد، انرژی تصویر نیز کاهش می‌یابد. ویژگی‌های حاصل از روش‌های آماری ویژگی‌های آماری مرتبه اول و ویژگی‌های حاصل از ماتریس هم‌رخداد ویژگی‌های آماری مرتبه دوم نیز نامیده می‌شود.

$$Energy = \sum_i \sum_j (C_{(i,j)})^2 \quad (۸-۲)$$

$$Hemogenity = \sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (I - J)^2} C(i, j) \quad (۹-۲)$$

ویژگی‌های هارلیک دیگری از جمله ممان اختلاف معکوس^{۳۱}، مجموع متوسط^{۳۲}، واریانس، همبستگی^{۳۳}، حداکثر احتمال^{۳۴}، گرایش دسته^{۳۵}، اینرسی^{۳۶} و شدت روشنایی^{۳۷} نیز از ماتریس هم‌رخداد استخراج می‌شوند [۳۳].

²⁹ Contrast

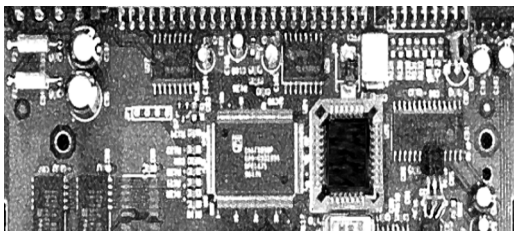
³⁰ Energy

³¹ Inverse difference moment (IDM)

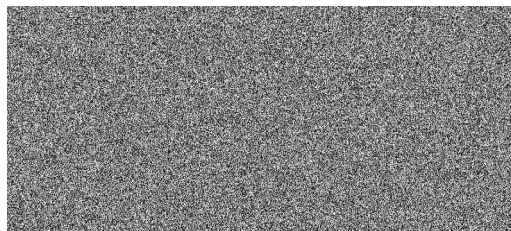
³² Sum mean

³³ Correlation

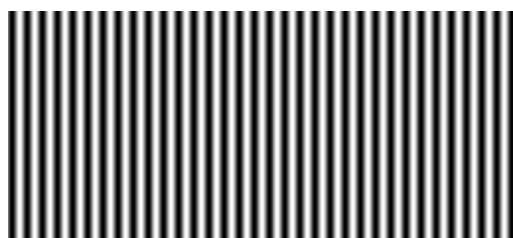
برای نمونه تفاوت در میزان آنتروپی و یکنواختی در شکل ۱-۲ و جدول ۱-۲ نمایش داده شده است.



(ب)



(الف)



(پ)

شکل ۱-۲: سه نمونه تصویر برای مقایسه میزان آنتروپی و یکنواختی.

جدول ۱-۲: نمایش مقادیر آنتروپی و یکنواختی در سه تصویر نمونه

شکل ۱-۲

ماتریس هم‌رخداد نرمالیزه شده شکل	یکنواختی	آنتروپی
(الف)	۰/۰۰۰۰۲	۱۵/۷۵
(ب)	۰/۰۰۴۸۰	۱۳/۵۸

³⁴ Maximum probability(MP)

³⁵ Cluster tendency

³⁶ Inertia

³⁷ Intensity

۶/۴۳	۰/۰۱۲۳۰	(پ)
------	---------	-----

همانطور که مشاهده می‌شود هرچه میزان یکنواختی بیشتر باشد میزان تصادفی بودن تصویر کمتر خواهد بود و هر چه میزان آنتروپی بالاتر باشد تصادفی بودن تصویر بیشتر خواهد بود.

مدل مخلوط گوسی

مدل مخلوط گوسی^{۳۸} (GMM) روشی برای بیان یک تابع چگالی احتمال پارامتریک می‌باشد که از مجموع وزنی تعدادی تابع چگالی گوسی جزء، بدست می‌آید، و به همین دلیل به آن مدل مخلوط گوسی گفته می‌شود. GMM یک روش خوشه بندی بدون سرپرست^{۳۹} است که در آن توزیع داده‌های ورودی گوسی فرض شده است. مدل مخلوط گوسی توانایی قابل قبولی در مدل کردن داده‌های نامنظم دارد. این ویژگی باعث شده است تا امروزه به عنوان ابزار اصلی در سیستمهای بازشناسی گوینده مورد استفاده قرار بگیرد و همچنین بعنوان سیستم مبنا در بسیاری از مدل های هیبرید و نیز در بسیاری از آزمایشات بیومتریک، به عنوان مدل مرجع جهت مقایسه از آن استفاده می‌شود. همانطور که گفته شد، تابع چگالی مخلوط گوسی از مجموع وزندار K توزیع گوسی مطابق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$p(\vec{X} | \psi) = \sum_{i=1}^K g(\vec{X} | \mu_i, \Sigma_i) \alpha_i \quad (10-2)$$

با توجه به معادله (۱۰-۲)، $\vec{X}$ بردار ویژگی D بُعدی و $\{i=1,2,\dots,k\}$ ، وزن مخلوط i ام و $g(\vec{X} | \mu_i, \Sigma_i)$ بیانگر یک جزء چگالی مخلوط گوسی با میانگین μ_i و ماتریس کوواریانس Σ_i ، $\{i=1,2,\dots,k\}$ می‌باشد. هر جزء چگالی، یک تابع گوسی D بُعدی است که بصورت زیر محاسبه می‌گردد:

³⁸ Gaussian mixture model

³⁹ Unsupervised Clustering

$$g(\vec{X} | \mu_i, \Sigma_i) = \frac{1}{(2\pi)^{D/2} |\Sigma_i|^{1/2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (\vec{x} - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (\vec{x} - \mu_i) \right\} \quad (11-2)$$

همچنین وزن مخلوط ها باید شرط $\sum_{i=1}^K \alpha_i = 1$ را برآورده نماید تا اینکه احتمال گوسی بدست آمده هر

مخلوط $p(\vec{X} | \psi)$ ، یک تابع چگالی احتمال صحیح باشد. بنابراین مدل GMM را می توان توسط پارامترهای بردار میانگین، ماتریس کوواریانس و وزن های هر چگالی مخلوط جزء، تعریف نمود و هدف یافتن این پارامترها $(\psi = \{\alpha_i, \mu_i, \Sigma_i\}_{i=1}^K)$ می باشد. همچنین در این مدل، انتخاب تعداد مخلوط های گوسی (K) ، وابسته به تعداد داده های آموزشی است. به عبارت دیگر تعداد مخلوط های گوسی بایستی به اندازه ای باشد که با تعداد داده های آموزشی موجود بتوان پارامترهای آن را تخمین زد. جهت تخمین پارامترهای مدل گوسی $(\psi = \{\alpha_i, \mu_i, \Sigma_i\}_{i=1}^K)$ ، روش های متعددی وجود دارد. در این میان یکی از متداول ترین روش ها، تخمین بیشینه درست نمایی⁴⁰ (MLE) می باشد. هدف از تخمین ML، یافتن پارامترهای مدل به گونه ایی است که GMM بهترین انطباق را با توزیع بردارهای ویژگی داده آموزش، داشته باشد. به عبارت دیگر باید درست نمایی مدل، به شرط داشتن داده های آموزش، ماکزیمم گردد. درست نمایی مدل GMM از رابطه زیر بدست می آید:

$$p(X | \psi) = \prod_{t=1}^T p(\vec{x}_t | \psi) \quad (12-2)$$

$$p(X | \psi) = \prod_{t=1}^T \sum_{i=1}^K g(\vec{x}_t | \mu_i, \Sigma_i) \alpha_i$$

$$\hat{\psi}_{ML} = \arg \max_{\psi} p(X | \psi)$$

⁴⁰ Maximum Likelihood Estimation

متأسفانه چون رابطه فوق یک رابطه غیرخطی از مدل ψ می باشد، محاسبه مستقیم پارامترهای مدل امکان پذیر نمی باشد. بنابراین می توان از الگوریتم حداکثر انتظار که یکی از بهترین روش ها جهت تخمین پارامترها، توسط MLE می باشد استفاده نمود.

الگوریتم حداکثر انتظار (EM)

الگوریتم حداکثر انتظار (EM)^{۴۱}، الگوریتم عددی است که به منظور ماکزیم کردن توابعی با چند متغیر مورد استفاده قرار می گیرد [۳۴] [۳۵] [۳۶]. فرض شده است که برآورد تقریبی (احتمالا بسیار بد) $\alpha_k^{(i)}$ ، $\mu_k^{(i)}$ برای تابع $p(X|\varphi)$ یا لگاریتم آن که به فرم $\lambda(X|\varphi)$ بیان می شود موجود است. سپس بهترین تخمین برای $\alpha_k^{(i+1)}$ ، $\mu_k^{(i+1)}$ ، برای اولین بار با استفاده از تخمین های قدیمی به منظور ساخت یک باند پایین^{۴۲} $b_i(\lambda)$ برای تابع احتمال محاسبه می شود و سپس به محاسبه ماکزیم باند با توجه به α_k ، μ_k ، $\sum_k$ پرداخته شده است.

الگوریتم EM با مقاردهی تصادفی اولیه برای پارامترهای $\alpha_k^{(0)}$ ، $\mu_k^{(0)}$ ، $\sum_k^{(0)}$ آغاز می شود و با تکرار در دو گام ادامه پیدا می کند تا زمانی که همگرا شوند. ساختن باند $b_i(\lambda)$ ، "گام E" نامیده شده است. ماکزیم باند $b_i(\lambda)$ ، تولید تخمین جدید پارامترهای $\alpha_k^{(i+1)}$ ، $\mu_k^{(i+1)}$ ، $\sum_k^{(i+1)}$ را می کند که این گام به نام "گام M" نامیده شده است. در ابتدا به توصیف این دو گام پرداخته شده است.

با استفاده از مقادیر اولیه پارامترهای $\alpha_k^{(i)}$ ، $\mu_k^{(i)}$ ، $\sum_k^{(i)}$ تخمین تابع احتمال عضویت^{۴۳} $\alpha^i(k|n)$ با استفاده از رابطه (۲-۱۳) محاسبه شده است.:

⁴¹ Expectation Maximization Algorithm

⁴² Lower bound

⁴³ Membership probabilities

$$\alpha^{(i)}(k|n) = \frac{\alpha_k^{(i)} g(X_n | \mu_k^{(i)}, \Sigma_k^{(i)})}{\sum_{m=1}^k \alpha_k^{(i)} g(X_n | \mu_k^{(i)}, \Sigma_k^{(i)})} \quad (۱۳-۲)$$

این محاسبات واقعی انجام شده در گام E است. برای ساختن باند $b_i(\lambda)$ از نامساوی Jensen (۲-۱۴) به منظور محدود کردن لگاریتم تابع احتمال $\lambda(X|\varphi)$ استفاده شده است:

$$\log \sum_{k=1}^k c_k = \log \sum_{k=1}^k c_k \frac{\pi_k}{\pi_k} \geq \sum_{k=1}^k \pi_k \log \frac{c_k}{\pi_k} \quad (۱۴-۲)$$

تابع احتمال عضویت $\alpha(k|n)$ یک مرحله افزایش می‌یابد و تخمین‌های $\alpha^i(k|n)$ انجام می‌شود. با توجه به رابطه (۲-۱۴) داریم $\pi_k = \alpha^{(i)}(k|n)$ و $c_k = q(k, n)$ می‌توان $b_i(\lambda)$ را به فرم رابطه (۲-۱۵) را تعریف کرد:

$$\lambda(X|\varphi) = \sum_{n=1}^N \log \sum_{k=1}^K q(k, n) \geq \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \alpha^{(i)}(k|n) \log \frac{q(k, n)}{\alpha^{(i)}(k|n)} = b_{(i)}(\varphi) \quad (۱۵-۲)$$

با تغییر فرم رابطه شماره (۲-۱۵) می‌توان آن را به فرم رابطه (۲-۱۶) بازنویسی کرد:

$$b_i(\varphi) = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \alpha^{(i)}(k|n) \log q(k, n) - \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \alpha^{(i)}(k|n) \log \alpha^{(i)}(k|n) \quad (۱۶-۲)$$

تابع احتمال عضویت $\alpha^i(k|n)$ از رابطه (۲-۱۳) تعریف شده است، مینیمم کردن $b_i(\lambda)$ برابر با مینیمم کردن قسمت اول رابطه (۲-۱۶) است. بنابراین تابع $\beta_i(\varphi)$ به فرم (۲-۱۷) تعریف می‌شود:

$$\beta_i(\varphi) = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \alpha^{(i)}(k|n) \log q(k, n) \quad (۱۷-۲)$$

در نظر اول تابع $\beta_i(\varphi)$ پیچیده تر از تابع $\lambda(x|\varphi)$ باشد اما پیچیدگی آن زیاد نیست، چراکه همانطور که مشاهده می‌شود در تابع $\beta_i(\varphi)$ بجای لگاریتم از حاصل جمع استفاده شده است که $\beta_i(\varphi)$ شامل یکسری ترکیبات خطی از K لگاریتم شود. معادلات بدست آمده با استفاده از عملیات مشتق‌گیری نسبت به پارامترها و با صفر برابر قرار دادن آنها به زیر معادلاتی تقسیم شده‌اند.

به راحتی می‌توان نشان داد که عملیات مشتق‌گیری از تابع $\beta_i(\varphi)$ نسبت به پارامتر μ_k برابر است با:

$$\frac{\partial \beta_i}{\partial \mu_k} = \sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n) \frac{\mu_k - X_n}{\Sigma_k^2} \quad (18-2)$$

با برابر با صفر قرار دادن رابطه (18-2)، واریانس Σ عامل بی‌اثر خواهد بود و تابع باقی مانده تنها شامل μ_k خواهد بود که در این صورت برابر است با:

$$\mu_k \sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n) = \sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n) X_n$$

رابطه (19-2) را برای تخمین جدید میانگین می‌توان به فرم زیر بازنویسی کرد:

$$\mu_k^{(i+1)} = \frac{\sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n) X_n}{\sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n)} \quad (19-2)$$

در این صورت تابع جدید تابعی است که تنها وابسته به مقادیر یک مرحله قبل است.

مقدار محاسبه شده $\mu_k^{(i+1)}$ در تابع $\beta_i(\varphi)$ قرار داده می‌شود، همچنین عملیات قسمت قبل را می‌توان برای Σ_k نیز تکرار کرد که در این صورت $\Sigma_k^{(i+1)}$ برابر خواهد بود با:

$$\Sigma_k^{(i+1)} = \sqrt{\frac{1}{D} \frac{\sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n) \|X_n - \mu_k^{(i+1)}\|^2}{\sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n)}} \quad (20-2)$$

مشتق تابع $\beta_i(\varphi)$ نسبت به پارامتر α_k نیز برای تولید $\alpha_k^{(i+1)}$ منوط به تولید رابطه (2-21) شده است:

$$\alpha_k^{(i+1)} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n) \quad (21-2)$$

الگوریتم فوق تا زمانی تکرار می‌شود که تابع ما همگرا شود.

بطور خلاصه برای اجرای الگوریتم EM، در ابتدا مقادیر اولیه‌ای برای پارامترهای $\mu_k^{(0)}$ ، $\alpha_k^{(0)}$ ، $\Sigma_k^{(0)}$

در نظر گرفته می‌شود با تکرار الگوریتم EM تا رسیدن به ماکزیمم تابع احتمال این تکرار با گام‌های E

و M ادامه پیدا خواهد کرد:

• گام E:

$$\alpha^{(i)}(k|n) = \frac{\alpha_k^{(i)} g(X_n | \mu_k^{(i)}, \Sigma_k^{(i)})}{\sum_{m=1}^K \alpha_m^{(i)} g(X_n | \mu_m^{(i)}, \Sigma_m^{(i)})}$$

• گام M:

$$\mu_k^{(i+1)} = \frac{\sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n) X_n}{\sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n)}$$

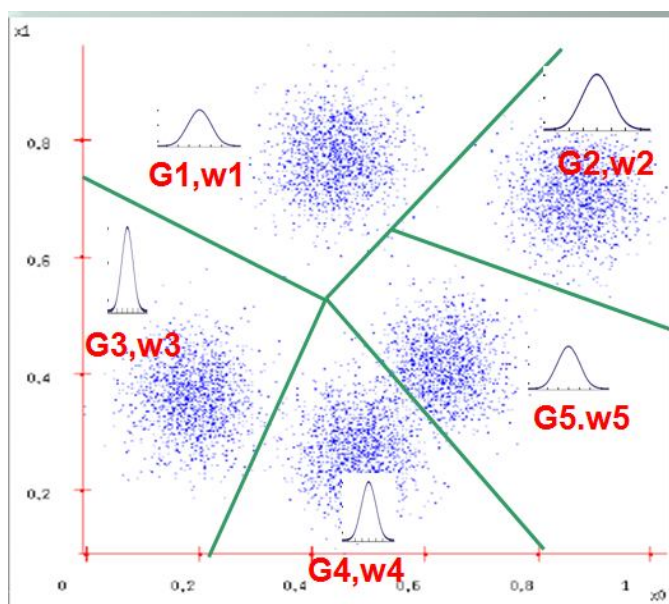
$$\Sigma_k^{(i+1)} = \sqrt{\frac{1}{D} \frac{\sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n) \|X_n - \mu_k^{(i+1)}\|^2}{\sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n)}}$$

$$\alpha_k^{(i+1)} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \alpha^{(i)}(k|n)$$

این تکرار تا همگرا شدن تابع $p(X|\varphi)$ ادامه پیدا خواهد کرد.

این روش برای توابع در فضای چند بعدی قابل اجرا است. در شکل ۱-۲ نمونه‌ایی از تخمین داده‌های دو

بعدی به پنج تابع گوسی نمایش داده شده است.



شکل ۱۲- تخمین داده‌ها به پنج تابع گوسی

بانک فیلتر گابور

در ابتدا فیلتر گابور یک بعدی طراحی شد [۳۷]. بعدها با گسترش آن توسط داگمن، فیلتر گابور دو بعدی برای کاربردهای پردازش سیگنال‌های دو بعدی از جمله پردازش تصویر مطرح شد [۳۸]. فیلترهای گابور ابزار مفیدی هستند برای جداسازی تصویر به اجزای^{۴۴} موجود در فرکانسهای مختلف و جداسازی این اجزا از یکدیگر. همچنین فیلترهای گابور بصورت گسترده‌ای در آنالیز بافت، آنالیز اسناد و شناسایی و تشخیص اشیاء در تصویر کاربرد دارند [۳۹].

فیلتر گابور دو بعدی از دو بخش تشکیل شده است، بخش کرنل آن شامل تابع سینوسی مختلط با فرکانس مشخص و زاویه چرخش خاص که این بخش با مدوله شدن در یک تابع گوسی دو بعدی تشکیل فیلتر گابور دو بعدی را می‌دهند. پاسخ ضربه فیلتر گابور دو بعدی بصورت فرم عمومی زیر نمایش داده می‌شود:

$$G_{\sigma, \phi, \theta}(x, y) = g_{\sigma}(x, y) \cdot \exp[2\pi\phi(x \cos \theta + y \sin \theta)] \quad (2-22)$$

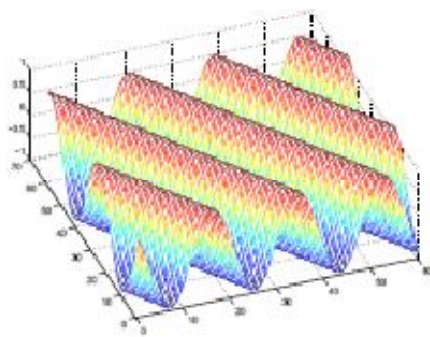
$$g_{\sigma} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp[-(x^2 + y^2)/2\sigma^2]$$

جایی که ϕ فرکانس ساینده دهانه محدود^{۴۵} سینوسی است و θ به عنوان زاویه چرخش تعریف می‌شود. تابع $g_{\sigma}(x, y)$ با پارامتر مقیاس^{۴۶} σ تعریف می‌شود. بنابراین پارامترهای فیلتر گابور شامل سه پارامتر σ, θ, ϕ تعریف می‌شود. باید توجه داشت به واسطه تقارن، پارامتر θ محدود به زاویه $[0^\circ, 180^\circ]$ می‌باشد. در شکل ادغام دو قسمت مختلف فیلتر گابور نمایش داده شده است.

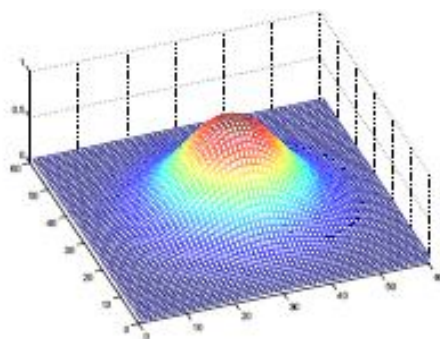
⁴⁴ Component

⁴⁵ Span-limited

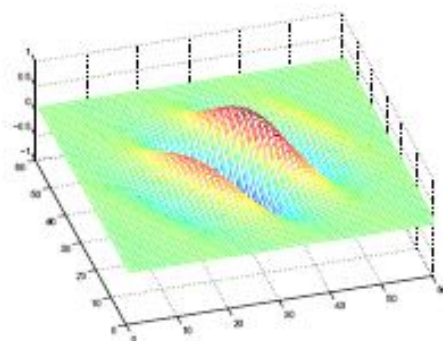
⁴⁶ Scale



(الف)



(ب)



(پ)

شکل ۱۳-Error! No text of specified style in document. اجزای تشکیل دهنده فیلتر گابور، الف) تابع سینوسی

دو بعدی با چرخش ۳۰°، ب) کرنل گوسی، پ) مدوله کردن دو قسمت (الف) و (ب) و ایجاد فیلتر گوسی دو بعدی

فیلتر گابور $G_{\sigma,\phi,\theta}(x,y)$ از دو قسمت حقیقی و مجازی تشکیل شده است که می‌توان آنها را به فرم زیر

نمایش داد:

$$G_{\sigma,\phi,\theta}(x,y) = R_{\sigma,\phi,\theta}(x,y) + jI_{\sigma,\phi,\theta}(x,y) \quad (23-2)$$

جایی که:

$$R_{\sigma,\phi,\theta}(x,y) = g_{\sigma}(x,y) \cdot \cos[2\pi\phi(x\cos\theta + y\sin\theta)] \quad (24-2)$$

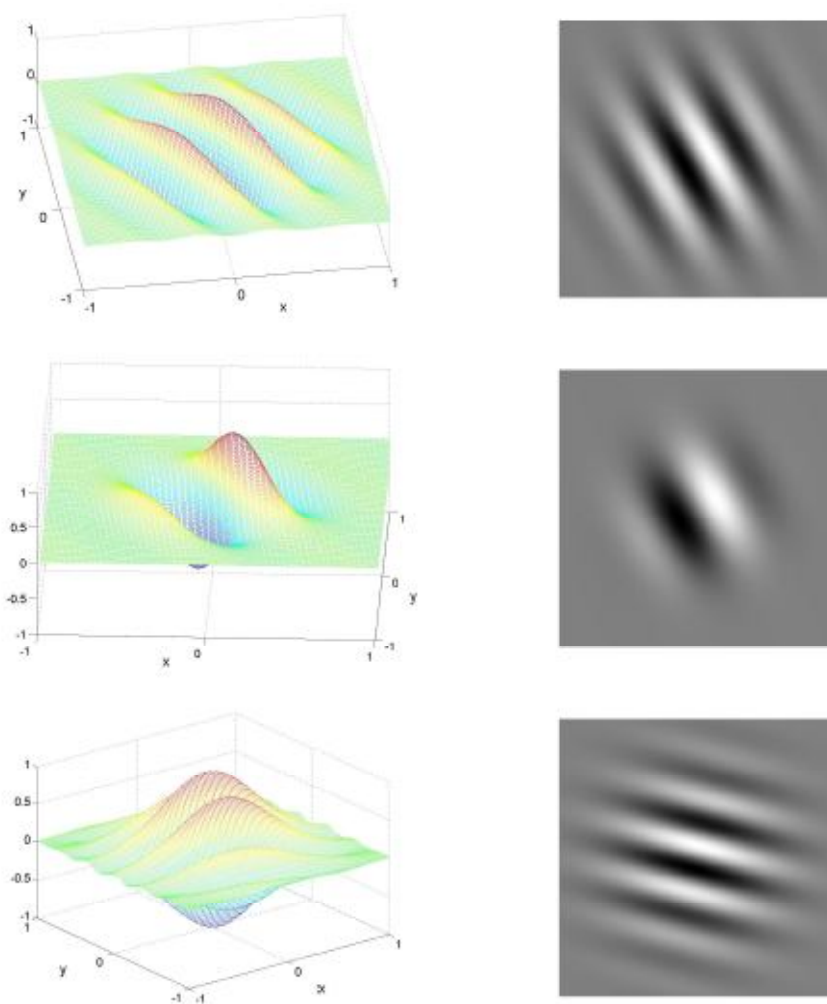
$$I_{\sigma,\phi,\theta}(x,y) = g_{\sigma}(x,y) \cdot \sin[2\pi\phi(x\cos\theta + y\sin\theta)]$$

با کانالو کردن تصویر اولیه با فیلتر مورد نظر خروجی فیلتر حاصل می‌شود. برای کانالو تصاویر دیجیتال با فیلتر گابور پنجره‌ایی به اندازه $W \times W$ برای $W=2k+1$ به فرم زیر تعریف می‌شود که شامل دو قسمت حقیقی و مجازی است:

$$C_R(x,y|\sigma,\phi,\theta) = \sum_{\lambda=-k}^k \sum_{m=-k}^k f(x+\lambda, y+m) \cdot R_{\sigma,\phi,\theta}(\lambda, m) \quad (25-2)$$

$$C_I(x,y|\sigma,\phi,\theta) = \sum_{\lambda=-k}^k \sum_{m=-k}^k f(x+\lambda, y+m) \cdot I_{\sigma,\phi,\theta}(\lambda, m)$$

نمونه‌ای از فیلتر گابور با فرکانس و زاویه چرخش مختلف در ۲-۴ نمایش داده شده است.



شکل ۴۷-Error! No text of specified style in document. نمونه‌ای از فیلتر گابور با فرکانس و زاویه چرخش

مختلف

شکل شناسی^{۴۷}

عملیات شکل شناسی کاربردهای زیادی در حذف نویز و تشخیص ساختارهای مشخص در تصویر دارد. عملیات بازکردن^{۴۸} و بسته کردن^{۴۹} دو عملگر مورد استفاده در این پایان نامه می باشند که در ادامه به توضیح این عملیات می پردازیم.

^{۴۷} Morphology

^{۴۸} Opening

عملیات بازکردن، معمولاً منحنی مرزی شی را هموار می‌کند و برجستگی‌های تیز را حذف می‌کند. بستن نیز تمایل به هموار کردن بخش‌هایی از منحنی‌ها را دارد، اما بر خلاف باز کردن، معمولاً شکستگی‌های باریک و شکاف‌های نازک را حذف می‌کند، سوراخ‌های کوچک را حذف و فاصله‌های موجود در منحنی را پر می‌کند.

بازکردن مجموعه A توسط عنصر سازنده B ، با $A \circ B$ نمایش داده می‌شود، که به صورت زیر تعریف می‌گردد:

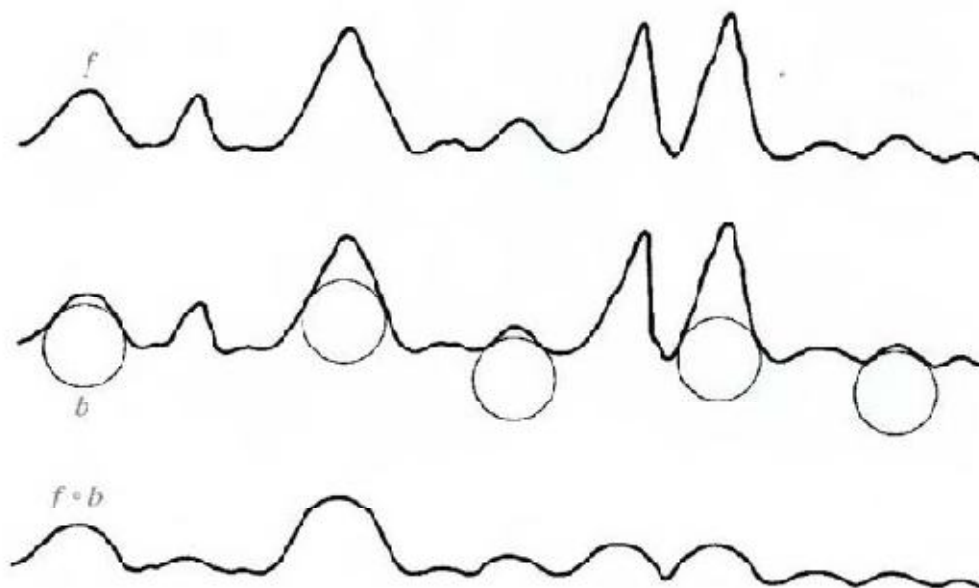
$$A \circ B = (A \oplus B) \oplus B \quad (26-2)$$

بنابراین، بازکردن A توسط B ، ساییدگی A توسط B و سپس انبساط نتیجه توسط B است. بطور مشابه بستن مجموعه A توسط عنصر سازنده B که با $A \bullet B$ نمایش داده می‌شود، بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (27-2)$$

بستن A توسط B ، برابر با انبساط A توسط B و سپس ساییدگی نتیجه توسط B است. همانطور که در شکل ۳-۲ نمایش داده شده است، عملیات بازکردن تفسیر هندسی ساده‌ای دارد. فرض کنید که عنصر سازنده b را به عنوان "توپ غلتان" در نظر بگیریم. سپس مرز $f \circ b$ توسط نقاطی در b ایجاد می‌شود که همانطور که b حول داخل این مرز می‌غلتد، به دورترین نقطه در داخل مرز f برسد.

⁴⁹ Closing



شکل ۱۵-انمونه ای از عملیات بازکردن

این خاصیت تناسب^{۵۰}، هندسی مربوط به عملیات بازکردن، منجر به فرمول بندی نظری مجموعه می-شود، که می گوید بازکردن f توسط B، از طریق گرفتن اجتماع تمام انتقال هایی از B انجام می گیرد که در f گنجانده می شود. یعنی بازکردن می تواند بصورت فرآیند تناسب بیان شود، به طوری که:

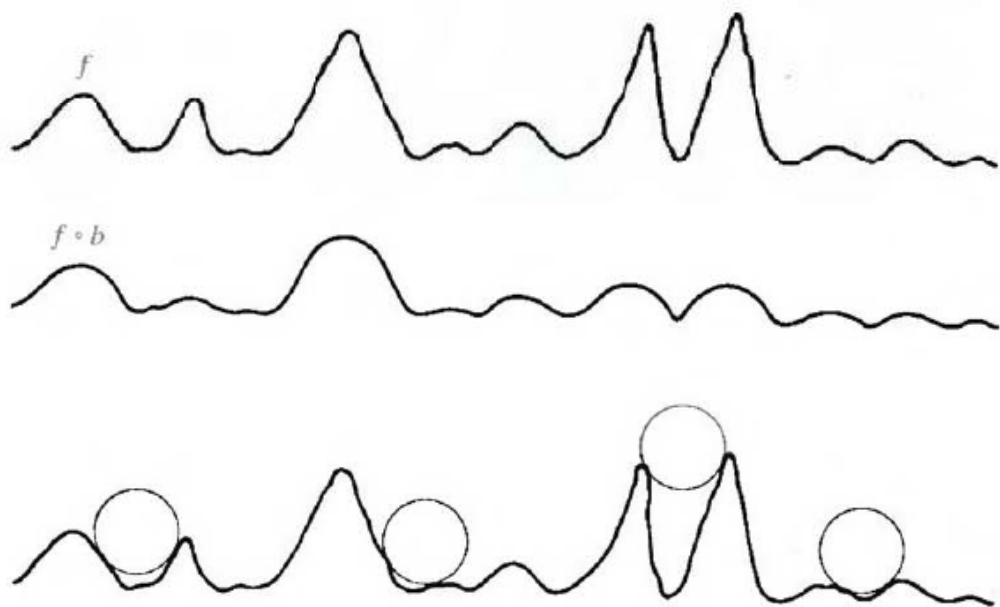
$$A \circ B = \bigcup \{ (B)_z \mid (B)_z \subseteq A \} \quad (2-28)$$

که $\{0\} \cup$ اجتماع تمام مجموعه های موجود در براکت ها است.

بستن، تفسیر هندسی مشابهی دارد. با این تفاوت که در این جا B در خارج از مرز می غلتد، که در شکل

۲-۴ نمایش داده شده است.

⁵⁰ Fitting



شکل. Error! No text of specified style in document. ۱۶-نمونه ایی از عملیات بستن

همچنین عملیات باز کردن و بستن دوگان یکدیگر هستند.

نمونه‌ایی از عملیات باز کردن و بستن در تصاویر انگشت نگاری در شکل ۲-۷ نمایش داده شده است.



(الف)



(پ)

(ب)

شکل. Error! No text of specified style in document. ۱۷ اعمال عملیات بازکردن و بستن بر تصویر اثر انگشت،

الف) تصویر اولیه، ب) تصویر حاصل از اعمال عملیات بازکردن، پ) تصویر حاصل از اعمال عملیات بستن

طبقه‌بندی کننده هندسی ماشین بردار پشتیبان^{۵۱}

طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان برای جداسازی داده‌ها مابین دو کلاس طراحی شده است. با توجه به تعمیم آن به چند کلاس، ابتدا به بیان تئوری الگوریتم دو کلاسه می‌پردازیم و سپس به بیان جداسازی داده‌ها در چند کلاس می‌پردازیم.

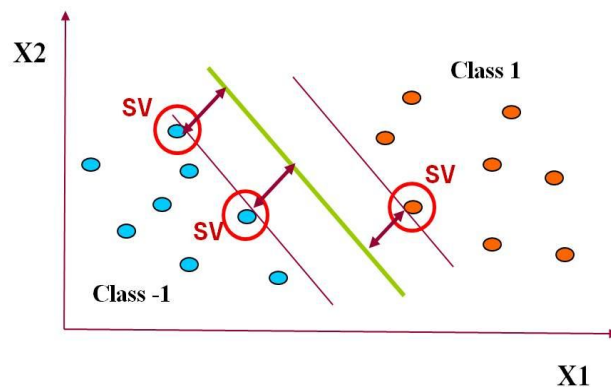
ماشین بردار پشتیبان دو کلاسه

ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی است، که در سال ۱۹۹۲ توسط Vapnik معرفی شده و بر پایه تئوری آموزش آماری دو کلاسه بنا گردیده است [۴۰]، بعدها در سال ۱۹۹۹ توسط Schölkopf و همکاران گسترش یافت [۴۱]. شهرت این روش به خاطر موفقیت آن در تشخیص حروف دست نویس است، که با شبکه‌های عصبی به دقت تنظیم شده برابری می‌کند. در فاز آموزش طبقه‌بندی کننده ماشین بردار

⁵¹ Support vector machine

پشتیبان، سعی می‌شود که مرز تصمیم‌گیری^{۵۲} به گونه‌ای انتخاب گردد، که حداقل فاصله آن با هر یک از کلاس‌های مورد نظر بیشینه شود.

در مسایلی که داده‌ها به صورت خطی جداپذیر نباشند، به فضایی با ابعاد بیشتر نگاهت داده می‌شوند، تا بتوان آنها را در این فضای جدید به صورت خطی جدا نمود. این نوع انتخاب باعث می‌شود، که تصمیم‌گیری نسبت به شرایط نويز حساس نبوده و پاسخ‌دهی خوبی داشته باشد. این نحوه انتخاب مرز بر اساس نقاطی به نام بردارهای پشتیبان انجام می‌شود. در اصل ماشین بردار پشتیبان برای جداسازی دو کلاس طراحی شده است که می‌توان آن را برای جداسازی چند کلاس تعمیم داد [۴۲]. شکل ۷-۲ طرحی شماتیک از تفکیک دو کلاس در دو بعد را نمایش می‌دهد.



شکل ۷-۲ نمایش بردارهای پشتیبان و مرز جدا کننده دو کلاس

تئوری ماشین بردار پشتیبان به طراحی صفحه جداکننده‌ای^{۵۳} با بردار نرمال w و فاصله از مبدأ b می‌پردازد، که ترکیب خطی از بردارهای پشتیبان است. این تابع جداساز $F(x)$ به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$x \in \begin{cases} A & \text{if } F(x) > 0 \\ B & \text{otherwise} \end{cases} \quad (۷-۲۹)$$

$$F(x) = w.x + b \quad (۷-۳۰)$$

⁵² Decision Boundry

⁵³ hyper plane

نمونه‌های آموزشی برای طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان به صورت $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n) \in R^N * \{\pm 1\}$ مشخص می‌شود، n تعداد داده‌های آموزشی را مشخص می‌کند. وقتی که داده‌های آموزشی به طور خطی جدا پذیر باشند، می‌توان صفحه جداکننده $F(x)$ را پیدا کرد که:

$$y_i F(x_i) \geq 1, \quad i = 1, \dots, n \quad (31-2)$$

فاصله ما بین یک نمونه آموزشی و صفحه جداکننده به صورت زیر تعیین می‌شود:

$$\frac{y_i F(x_i)}{\|w\|} \quad (32-2)$$

با توجه به رابطه‌های بالا داریم:

$$\frac{y_i F(x_i)}{\|w\|} \geq \frac{1}{\|w\|} \quad (33-2)$$

همچنین اگر کمترین فاصله نمونه‌های آموزشی از هر کلاس تا صفحه جداساز را حاشیه M بنامیم، هدف

ما در این الگوریتم ماکزیمم کردن این حاشیه است. منابع بسیاری وجود دارند، که بیشترین حاشیه را به

عنوان راهی مفید برای یک طبقه بندی مطمئن معرفی کرده‌اند. حاشیه M با رابطه $\frac{2}{\sqrt{w \cdot w}}$ معرفی

می‌شود، پس ماکزیمم کردن حاشیه M برابر با مینیمم کردن $\|w\|$ است. از ذکر محاسبات پیچیده

ریاضی برای حصول این رابطه خودداری می‌شود، علاقه‌مندان می‌توانند به منابع ذکر شده در متن مراجعه

نمایند. با توجه به شرایط بیان شده حل مسئله بالا معدل حل رابطه زیر است:

$$\min \quad \frac{1}{2} \|w\|^2 \quad (34-2)$$

با توجه به این شرایط که

$$y_i (w \cdot x + b) - 1 \geq 0 \quad i = 1, \dots, p \quad (35-2)$$

برای حل این مسئله α_i را به عنوان ضرب کننده لاگرانژ تعریف می کنیم، در این صورت به حل مسئله لاگرانژین زیر می پردازیم [۴۳]:

$$L(w, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^n \alpha_i (y_i (w \cdot x_i + b) - 1) \quad (۳۶-۲)$$

با توجه به اینکه داریم:

$$\alpha_i \geq 0 \quad i = 1, \dots, n$$

رابطه L تابعی از متغیرهای w, b, α می باشد، با مشتق گیری از رابطه نسبت به متغیرهای b و w داریم:

$$\frac{\partial L(w, b, \alpha)}{\partial w} = w - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i x_i = 0 \quad (۳۷-۲)$$

$$\frac{\partial L(w, b, \alpha)}{\partial b} = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i = 0 \quad (۳۸-۲)$$

با جایگذاری روابط خواهیم داشت [۴۴]:

$$\max L(w, b, \alpha) = \sum_i \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j} \alpha_i \alpha_j y_i y_j (x_i^T x_j) \quad (۳۹-۲)$$

$$\sum \alpha_i y_i = 0, \alpha_i \geq 0 \forall i$$

پس از حل این مساله ضریب α_i تنها برای یک سری از داده های آموزشی غیر صفر است. نمونه های آموزشی که ضریب لاگرانژ آنها غیر صفر است $\alpha_i \neq 0$ را بردار پشتیبان^{۵۴} می نامیم، که در حقیقت داده هایی هستند که کمترین فاصله را با صفحه جدا کننده دارند. روش های بهینه سازی مختلفی برای به دست آوردن ضرایب لاگرانژ طراحی شده اند، معروف ترین آنها روش های حداقل مربعات^{۵۵}، برنامه ریزی غیرخطی^{۵۶} و بهینه سازی کمینه متوالی^{۵۷} می باشد. در این پایان نامه از روش برنامه ریزی غیرخطی برای این منظور استفاده شده است.

⁵⁴ Support vector

⁵⁵ Least square

⁵⁶ Quadratic programing

⁵⁷ Sequential minimal optimization

در بسیاری از مواقع داده‌ها به صورت خطی جدایی پذیر نیستند. در این حالت می‌توان تابع کرنل^{۵۸} را به صورتی که بتواند داده‌های آموزشی را به فضایی دیگر منتقل کند، که در فضای جدید امکان تفکیک خطی کلاس‌ها وجود داشته باشد. مفهوم این توضیح در شکل ۲-۸ نمایش داده می‌شود. تابع کرنل می‌تواند انواع مختلفی داشته باشد، که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

تابع هسته چند جمله‌ای^{۵۹} درجه n ، معمولا $n=3$ در نظر گرفته می‌شود:

$$K(x, x_i) = (1 + (x^T x_i))^m \quad (۴۰-۲)$$

تابع هسته پایه شعاعی (گوسی)^{۶۰}، معمولا $c=1$ در نظر گرفته می‌شود:

$$K(x, x_i) = \exp(-\|x - x_i\|/c) \quad (۴۱-۲)$$

تابع هسته خطی^{۶۱} یا حاصل ضرب داخلی مقادیر ورودی

$$K(x, x_i) = (x^T x_i) \quad (۴۲-۲)$$

تابع هسته پرسپترون چند لایه^{۶۲}: پارامترهای $p1$ و $p2$ معمولا ۱ و -۱ در نظر گرفته می‌شوند:

$$K(x, x_i) = \tanh[(x^T x_i + b)] \quad (۴۳-۲)$$

در این صورت تابع جداساز با توجه به رابطه $w = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i x_i$ به فرم زیر تغییر خواهد کرد [۷۰]

: [۷۱]

$$F(x) = \text{sgn}\left(\sum \alpha_i y_i K(x, x_i) + b\right) \quad (۴۴-۲)$$

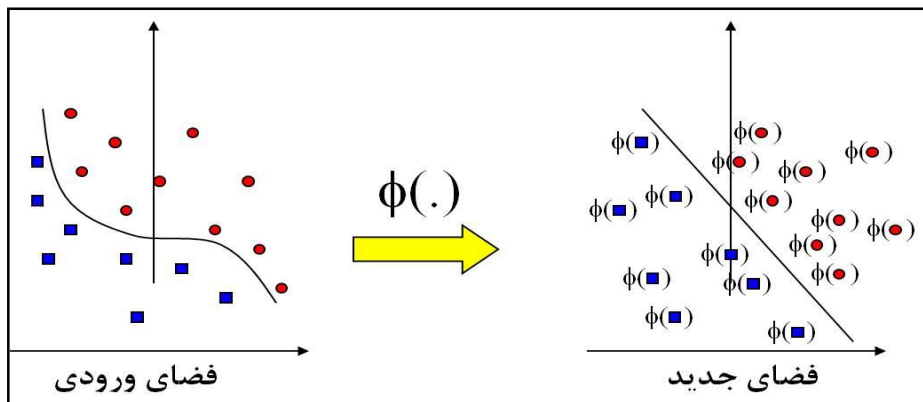
⁵⁸ Kernel function

⁵⁹ Polynomial kernel

⁶⁰ Gaussian Radial Basis Function(RBF) kernel

⁶¹ Linear kernel

⁶² Multilayer Perceptron(MLP) kernel



شکل. Error! No text of specified style in document. ۱۹- تبدیل فضای داده‌ها

ماشین بردار پشتیبان چند کلاسه

با توجه به اینکه طبقه بندی کننده ماشین بردار پشتیبان برای جداسازی دو کلاسه طراحی شده است، می‌توان با گسترش این تئوری از آن برای جداسازی چند کلاسه استفاده کرد. دو روش معروف برای جداسازی چند کلاسه به روش ماشین بردار پشتیبان وجود دارد که عبارتند از:

۱- روش یکی در مقابل همه (one-against-all) (OAA)

۲- روش یکی در مقابل یکی (one-against-one) (OAO)

در روش OAO مجموعه‌ای از ماشین بردار پشتیبان‌های دو کلاسه در نظر گرفته می‌شود. اگر تعداد کلاس‌های موجود برابر با p باشد، در این صورت می‌بایست p بار سیستم را آموزش داد و p عدد صفحه جدا کننده طراحی نمود. به طوری که در هر بار آموزش سیستم یک کلاس در مقابل مابقی کلاس‌ها قرار گیرد. در نتیجه با این کار p صفحه جدا کننده خواهیم داشت. نمونه آموزشی متعلق به کلاسی خواهد بود که بیشترین اندازه را در خروجی داشته باشد. روش OAO نیز از همین تئوری پیروی می‌کند، با این تفاوت که کلاس‌ها دو به دو با هم مقایسه می‌شوند.

مزایای روش ماشین بردار پشتیبان

- ماشین بردار پشتیبان با در نظر گرفتن تابع هسته و پارامترهای مناسب برای طبقه‌بندی داده‌های پیچیده کارایی خوبی دارد.

- آموزش این طبقه نسبتاً آسان است.
- این روش قابلیت تعمیم بالایی داشته و در حالت استفاده از تعداد کم داده آموزش نیز کارایی بالایی دارد.
- داده‌های غیر متداول مثل رشته‌ها و درخت‌ها هم می‌تواند به عنوان ورودی طبقه بند در نظر گرفته شود.
- با توجه به اینکه در این روش به جای داده‌های آموزشی از بردارهای پشتیبان استفاده می‌شود و با توجه به اجرای بهینه سازی در الگوریتم، از بیش برآزشی^{۶۳} جلوگیری می‌شود [۴۵].

⁶³ Over fitting

فصل سوم

روش‌های پیشنهادی

روش‌های پیشنهادی

آنالیزهای انجام شده در دو قسمت مورد بررسی قرار گرفته‌اند. قسمت اول آنالیز، بصورت مستقیم بر روی تصاویر ماکروسکوپی از خرده‌های حفاری انجام شده است و در قسمت دوم با تهیه تصاویر میکروسکوپی و آنالیز بر روی آن تصاویر، آنالیزهای مربوطه صورت گرفته است.

آنالیز ماکروسکوپی

با توجه به مطالب بیان شده در فصل اول به منظور اهمیت شناسایی و تفکیک لایه‌های مرزی دو سازند گچساران و آسماری و همچنین شناسایی لایه‌های کلیدی سازند گچساران و تفکیک آنها از یکدیگر با توجه به تصاویر ماکروسکوپی، در این قسمت ابتدا به بررسی الگوریتم‌های پیشنهادی برای جداسازی دو لایه مرزی پرداخته شده است. همچنین به منظور جداسازی لایه‌های کلیدی، این الگوریتم به جداسازی چند کلاسه تعمیم داده شده است.

عکس‌برداری از نمونه‌ها

برای تهیه تصاویر، خرده‌های حفاری بصورت تصادفی بر روی هم ریخته شده‌اند. بطوری که با توجه به وجود چهار لایه کلیدی (A, B, C, D) در سازند گچساران و لایه فوقانی آسماری، پنج تصویر برای آموزش^{۶۴} طبقه‌بند در نظر گرفته شده است. با توجه به میزان کم خرده‌های حفاری موجود در یک حلقه چاه برای آزمایش^{۶۵} طبقه‌بند نیز خرده‌های حفاری را مخلوط کرده و دوباره عملیات عکس‌برداری انجام شده است.

⁶⁴ Train

⁶⁵ Test

عملیات عکسبرداری از نمونه‌ها توسط دوربین دیجیتال Nikon D-90 انجام شده است. خرده‌های حفاری با توجه به رنگ نسبتاً تیره آنها بر روی پس‌زمینه^{۶۶} سفید قرار گرفته‌اند. نوری که برای عملیات عکس-برداری در نظر گرفته شده در تمامی مراحل ثابت بوده است. نمونه‌ایی از این عکس‌ها در شکل ۱-۳ نمایش داده شده است.



(ج)



(ب)



(الف)

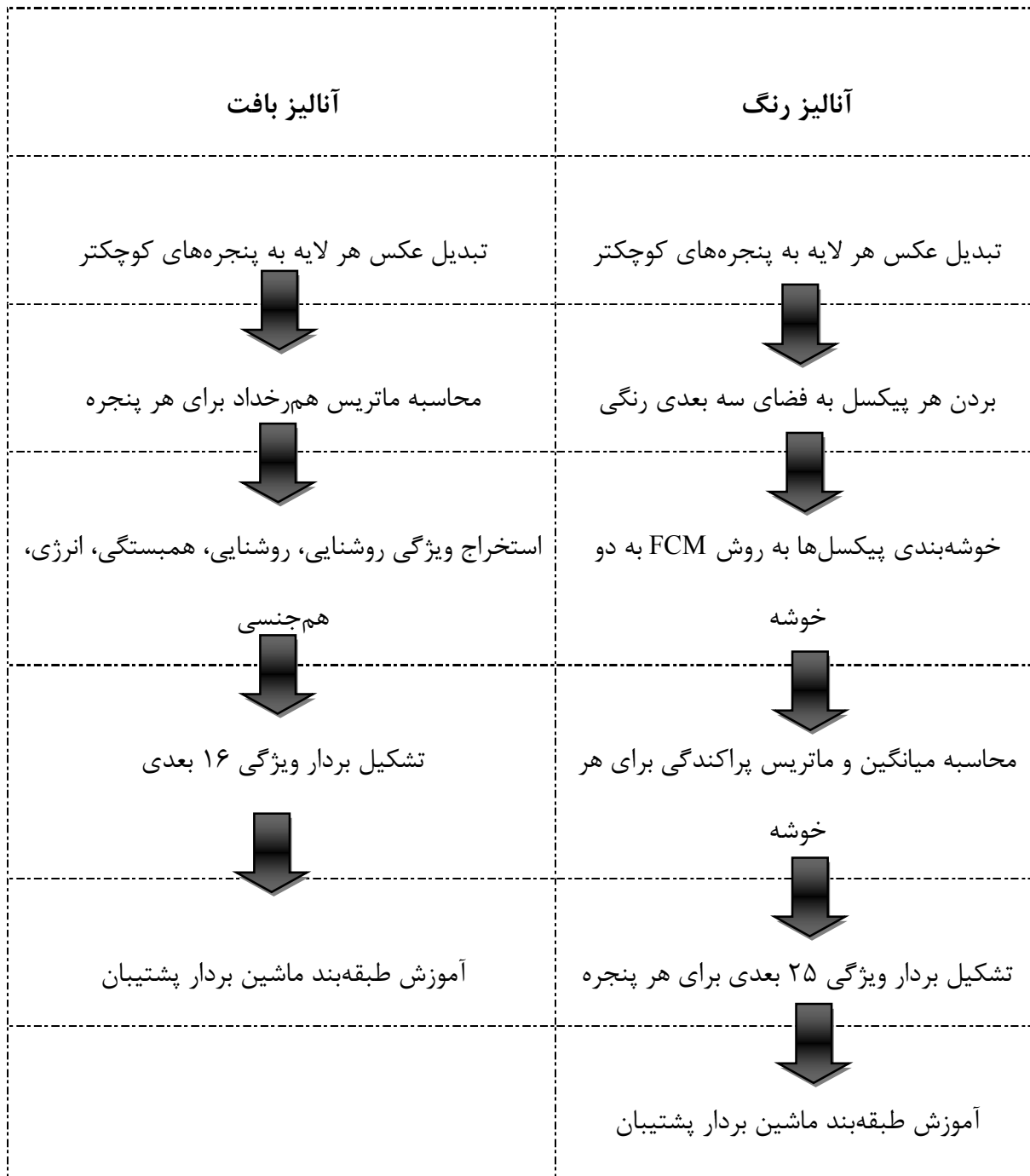
شکل ۲۰-Error! No text of specified style in document. سه نمونه از تصاویر گرفته شده از خرده‌های حفاری، (الف) خرده‌های لایه کلیدی B گچساران، (ب) خرده‌های لایه کلیدی A، (ج) خرده‌های بخش فوقانی آسماری.

برای تحلیل ماکروسکپی دو نوع ویژگی بررسی شده است:

- آنالیز رنگ
- آنالیز بافت

در ابتدا روش آنالیز رنگ مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به امکان تغییرات رنگی در خرده‌های حفاری چاه‌ها در حوضه‌های دیگر، به منظور تعمیم آنها آنالیز بافت به عنوان روشی ایزوله از مشخصات رنگی مورد استفاده قرار گرفته است. در شکل ۲-۳ خلاصه‌ایی از الگوریتم آموزش در دو آنالیز فوق نشان داده شده است.

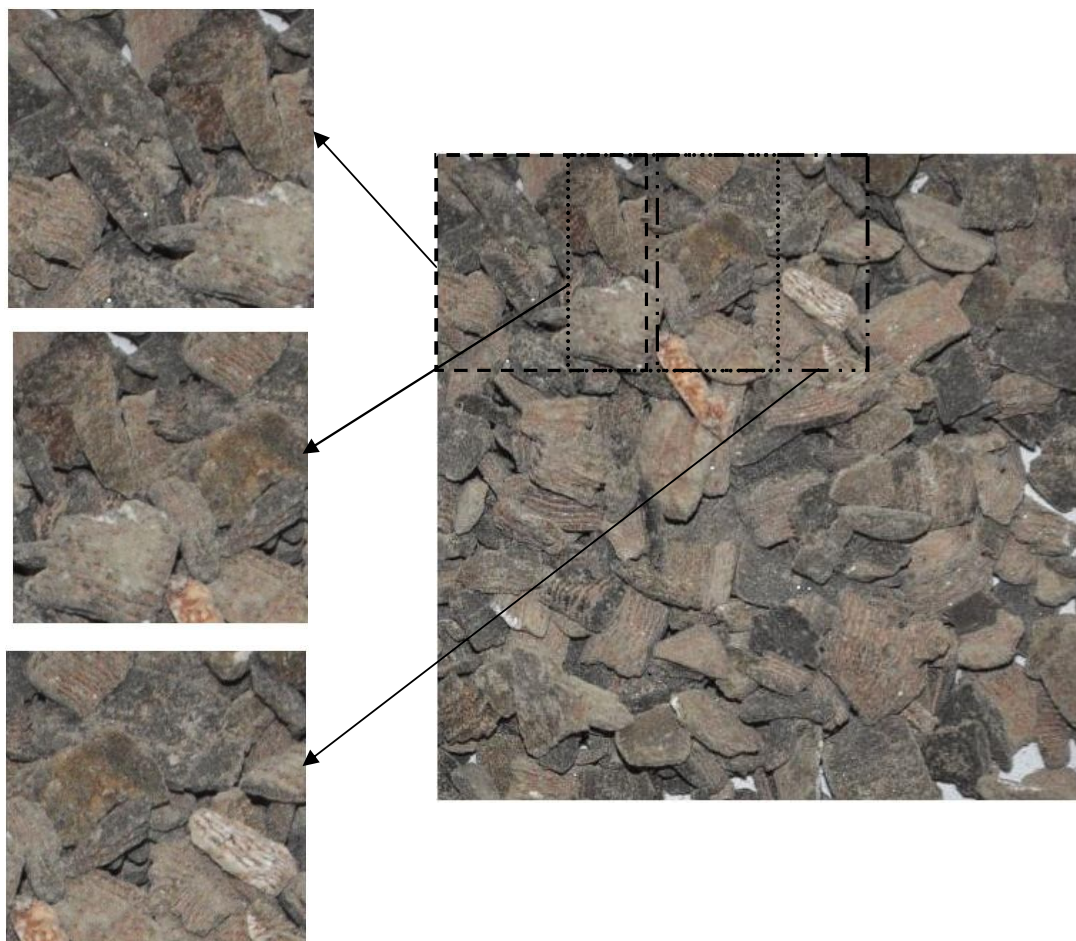
⁶⁶ Background



Error! No text of specified style in document. ۲۱- خلاصه‌ای از دو الگوریتم پیشنهادی

آنالیز رنگ

در آنالیز رنگ ابتدا عکس هر لایه به ابعاد 900×900 به پنجره‌های^{۶۷} کوچکتر 300×300 که دارای هم-پوشانی^{۶۸} ۵۰٪ هستند تبدیل می‌شوند. با توجه به اندازه تعیین شده هر عکس، آموزش و آزمایش به ۲۵ پنجره به ابعاد 300×300 تقسیم می‌شود. نمونه ایی از این عملیات در شکل ۳-۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳-۳-Error! No text of specified style in document. تبدیل هر عکس 900×900 به پنجره‌هایی به ابعاد

300×300 در هر لایه کلیدی B.

⁶⁷ Patch

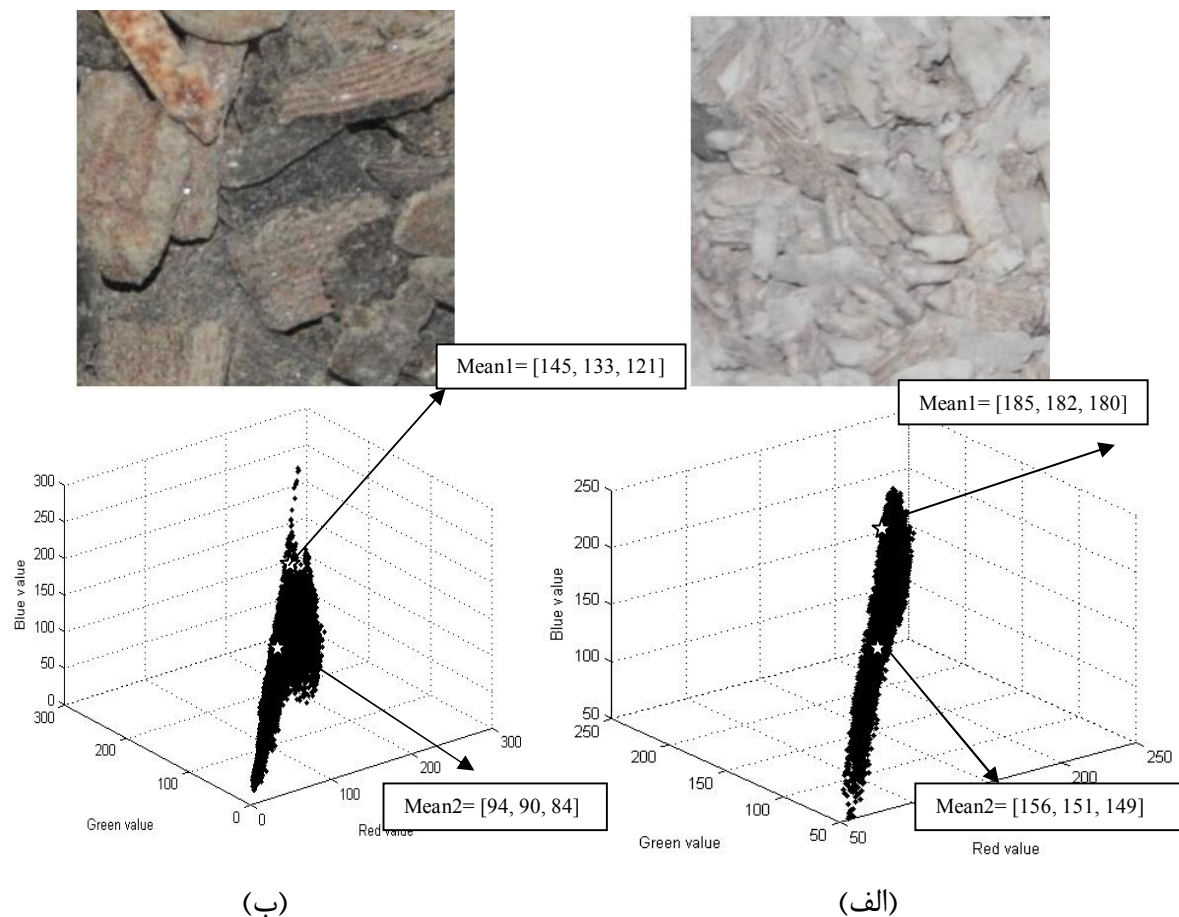
⁶⁸ Overlap

بدین ترتیب هر عكس به پنجره‌هایی كوچكتر به تعداد ۲۵ عدد تقسیم می‌شود. در ادامه آنالیز انجام شده بر روی هر يك از پنجره‌ها صورت گرفته است^{۶۹}.

در الگوریتم آنالیز رنگ ابتدا هر پنجره موجود را می‌توان در فضای سه بعدی قرمز، آبی، سبز تصور كرد. با توجه به شبیه‌سازی‌های انجام شده و نتایج حاصله پیکسل‌های هر پنجره در فضای سه بعدی به دو خوشه، بخش‌بندی می‌شوند. روش FCM به عنوان روش خوشه‌بندی مورد استفاده قرار گرفته است. هر پیکسل متعلق به گروهی خواهد بود كه میزان درجه عضویت به آن گروه بیشتر باشد. با این فرض، تمامی پیکسل‌ها یا متعلق به گروه يك خواهند بود و یا به گروه دو تعلق خواهند یافت.

مراكز خوشه‌ها در قسمت قبل محاسبه شده است. با توجه به تعلق هر پیکسل به يك گروه ماتریس، كوواریانس برای هر دو گروه محاسبه می‌شود. این كار برای هر پنجره در هر لایه انجام شده است. در شكل ۳-۴ الی ۳-۶ نمونه‌ای از نحوه پراكندگی پیکسل‌ها در فضای سه بعدی و محاسبه میانگین در دو خوشه نمایش داده شده است.

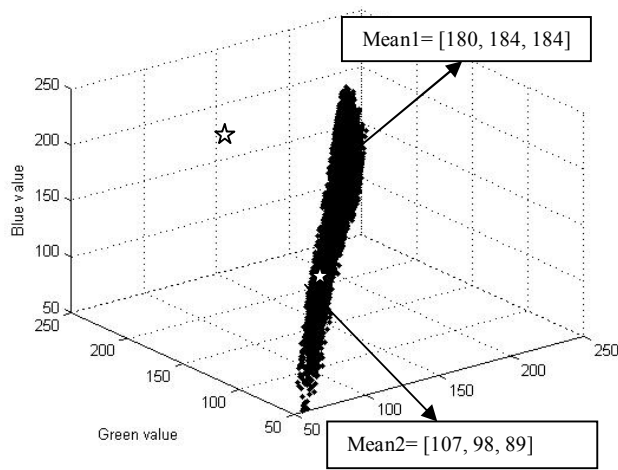
^{۶۹} كد نویسی كلیه مراحل در محیط برنامه نویسی Matlab انجام شده است.



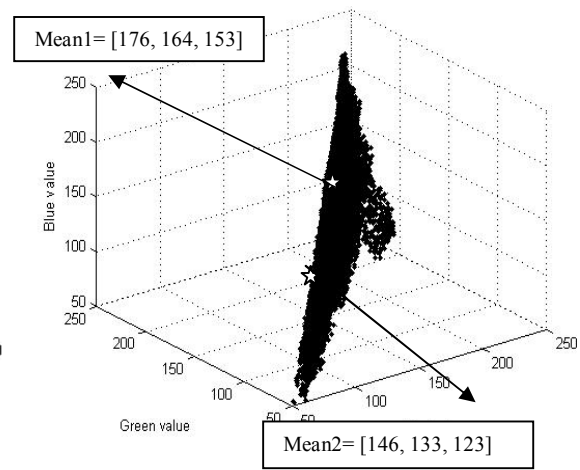
شکل. Error! No text of specified style in document. خوشه‌بندی به دو گروه و محاسبه مرکز خوشه‌ها و

ماتریس کوواریانس هر خوشه، الف) پنجره اول مربوط به لایه کلیدی A، ب) پنجره اول مربوط به لایه کلیدی

.B



(ت)

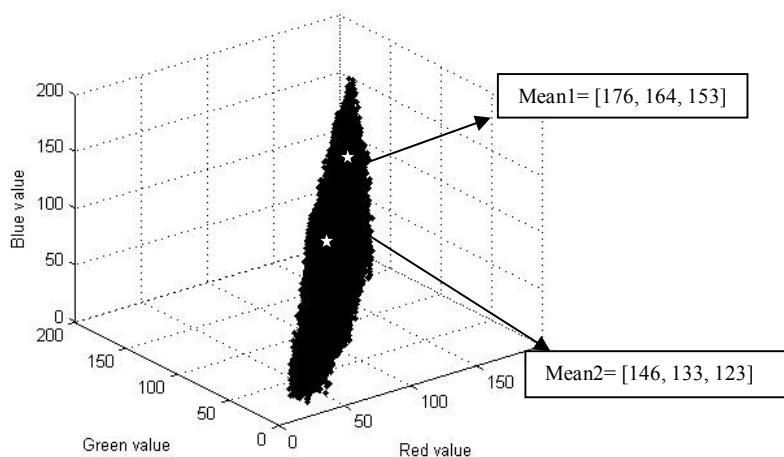


(پ)

شکل. Error! No text of specified style in document. خوشه‌بندی به دو گروه و محاسبه مرکز خوشه‌ها و

ماتریس کوواریانس هر خوشه، الف) پنجره اول مربوط به لایه کلیدی C، ب) پنجره اول مربوط به لایه کلیدی

D.

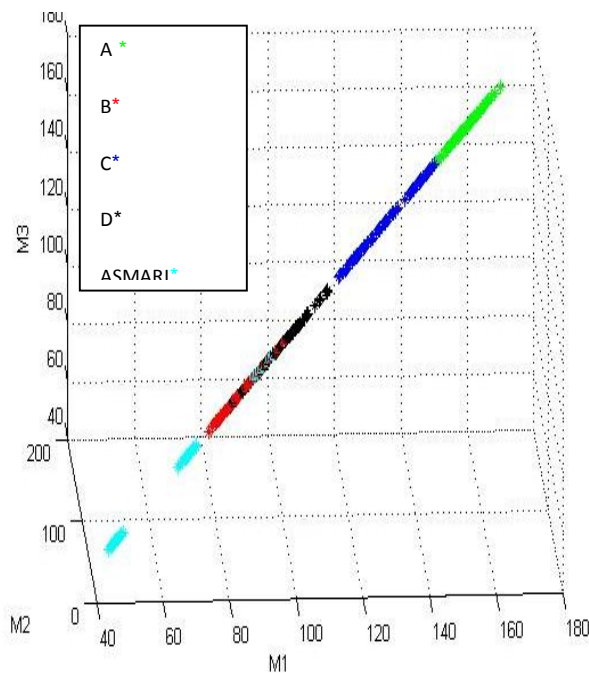


(ث)

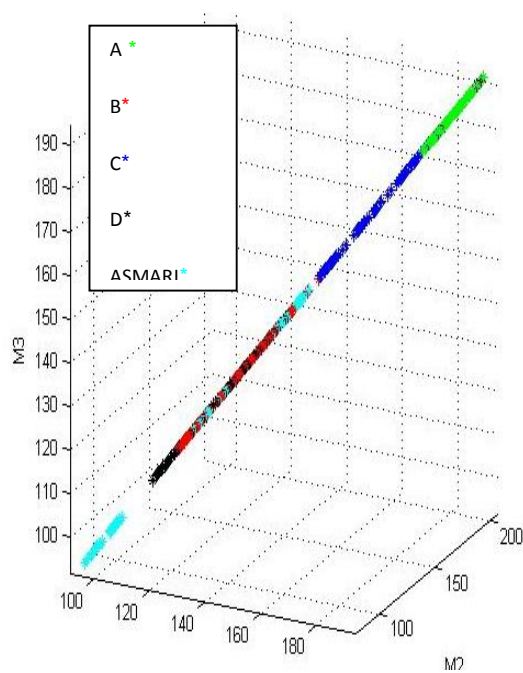
شکل. Error! No text of specified style in document. خوشه‌بندی به دو گروه و محاسبه مرکز خوشه‌ها و

ماتریس کوواریانس پنجره اول مربوط به آسماری فوقانی.

در شکل ۳-۴ مشاهده می‌شود که فرم پراکندگی پیکسل‌ها در پنج لایه کلیدی در فضای سه‌بعدی قرمز، سبز و آبی با یکدیگر متفاوت است؛ که به همین دلیل خوشه‌بندی دارای مراکز متفاوتی خواهد بود. همچنین ماتریس پراکندگی برای خوشه‌هایی که مراکز یکسان دارند نیز دارای تفاوت‌هایی است. بطور مثال میانگین اول در دو پنجره نشان داده شده دارای مقادیر نسبتاً نزدیکی هستند. در صورتی که عنصر اول ماتریس پراکندگی میانگین اول در لایه کلیدی B برابر است با ۲۹۹/۹، برای لایه کلیدی C این مقدار برابر است با ۱۴۴۵۷. میزان تغییرات میانگین در هر لایه در شکل ۳-۷ نمایش داده شده است.



(ب)



(الف)

شکل ۲۶-Error! No text of specified style in document. نمایش پراکندگی مرکز خوشه‌ها در ۲۵ پنجره از هر

لایه، (الف) پراکندگی مرکز خوشه اول، (ب) پراکندگی مرکز خوشه دوم.

همانطور که در شکل ۳-۷ نشان داده شده است، پراکندگی مراکز خوشه‌ها با هم متفاوت هستند. بطوری که در مرکز اول، مراکز لایه‌های A, C, ASMARI این تفاوت بارز است. ولی لایه‌های B و D دارای مراکز به هم نزدیک هستند؛ بطوری که در برخی قسمت‌ها دارای روی هم افتادگی‌هایی^{۷۰} هستند. در مرکز خوشه دوم نیز شرایط تقریباً به همین ترتیب است؛ با این تفاوت که تمایز لایه‌ها بیشتر نمایان است. برای درک بهتر در تمایز مراکز خوشه‌ها مقادیر میانگین مرکز هر خوشه از ۲۵ پنجره در هر لایه، جدول ۳-۱ نمایش داده شده است.

⁷⁰ Overlap

$$[M1, M2, M3] = \text{میانگین}$$

جدول ۳-Error! No text of specified style in document. مقادیر میانگین مرکز خوشه‌ها

مرکز خوشه دوم			مرکز خوشه اول			لایه
M3	M2	M1	M3	M2	M1	
۱۵۳.۵۷۹۲	۱۵۶.۰۵۷۱	۱۶۱.۰۴۲۹۰	۱۸۳.۱۶۸۲	۱۸۵.۷۷۶۱	۱۸۸.۸۵۹۶	A
۸۱.۰۲۲۴۴	۸۶.۵۱۶۸	۹۱.۰۰۸۶۲	۱۱۹.۳۳۴۶	۱۳۰.۴۶۸۱	۱۴۰.۴۵۰۹	B
۱۲۲.۷۵۳۷	۱۳۲.۲۹۵۴	۱۴۴.۰۷۱۲	۱۵۶.۸۲۰۳	۱۶۶.۴۴۸۷	۱۷۷.۴۰۹۳	C
۸۹.۰۴۱۸	۹۷.۹۸۰۵	۱۰۷.۰۸۳۷	۱۲۱.۰۱۰۴۳	۱۳۳.۱۲۸۱	۱۴۲.۹۴۴۶	D
۴۸.۱۰۵۰	۷۰.۷۰۲۲	۹۲.۲۹۱۸	۹۷.۲۹۷۰	۱۲۵.۵۳۸۱	۱۴۵.۶۱۹۳	آسماری

همانگونه که در جدول ۱-۳ نیز مشاهده می‌شود میانگین مراکز خوشه‌ها تفاوت در میان لایه‌ها را تصدیق می‌کند و می‌توان این تمایز را در میان لایه A به عنوان بالاترین مقدار و B به عنوان کمترین مقدار مشاهده کرد.

با محاسبه میانگین و ماتریس کوواریانس دو خوشه برای هر پنجره بردار ویژگی ۲۴ بعدی شکل خواهد گرفت؛ که برای هر پنجره این بردار ویژگی استخراج شده برای آموزش طبقه‌بند مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به اینکه مقادیر خرده‌های حفاری محدود است، تعداد ۱۲۵ عدد داده آموزشی برای آموزش طبقه‌بند مورد استفاده قرار گرفته است. برای هر کلاس نیز ۲۵ عدد در نظر گرفته شده است. همچنین با توجه به تعداد کم داده‌های آموزشی و ۲۴ بعدی بودن بردار ویژگی طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان، به

منظور جداسازی این پنج لایه مورد استفاده قرار گرفته است. در فاز آموزش طبقه‌بند فوق با ۱۲۵ داده آموزش با چهار تابع: خطی^{۷۱}، پایه شعاعی^{۷۲}، چند جمله‌ای^{۷۳} و تابع درجه دوم^{۷۴} آموزش دیده است. در فاز آزمایش طبقه‌بند، همانطور که در قسمت ۱-۱-۳ توضیح داده شد، ۱۲۵ عدد داده مورد آزمایش با چهار تابع مذکور قرار گرفته شده است. نتایج حاصل از این جداسازی در ماتریس سردرگمی^{۷۵} ۲-۳ نمایش داده شده است.

⁷¹ Linear

⁷² Radial basis function

⁷³ Polynomial

⁷⁴ Quadratic

⁷⁵ Confusion matrix

جدول ۴-Error! No text of specified style in document. نتایج طبقه‌بندی آنالیز رنگ با ماشین بردار پشتیبان با

توابع مختلف، الف) ماتریس سردرگمی با استفاده از تابع خطی ماشین بردار پشتیبان، ب) ماتریس سردرگمی با

استفاده از تابع rbf با مقدار سیگما یک، پ) ماتریس سردرگمی با استفاده از تابع quadratic، ت) ماتریس

سردرگمی با استفاده از تابع polynomial با درجه سه.

لایه آسماری فوقانی	لایه کلیدی A	لایه کلیدی B	لایه کلیدی C	لایه کلیدی D	لایه کلیدی فوقانی
لایه کلیدی A	۲۵	۰	۰	۰	۰
لایه کلیدی B	۰	۲۵	۰	۰	۰
لایه کلیدی C	۰	۲	۲۳	۰	۰
لایه کلیدی D	۰	۱۵	۳	۷	۰
لایه آسماری فوقانی	۰	۱۷	۰	۳	۵

(ب)

لایه آسماری فوقانی	لایه کلیدی A	لایه کلیدی B	لایه کلیدی C	لایه کلیدی D	لایه کلیدی فوقانی
لایه کلیدی A	۲۵	۰	۰	۰	۰
لایه کلیدی B	۰	۲۵	۰	۰	۰
لایه کلیدی C	۰	۰	۲۵	۰	۰
لایه کلیدی D	۰	۱۱	۱	۱۳	۰
لایه آسماری فوقانی	۰	۱۲	۰	۱	۱۲

(الف)

لایه آسماری فوقانی	لایه کلیدی A	لایه کلیدی B	لایه کلیدی C	لایه کلیدی D	لایه کلیدی فوقانی
لایه کلیدی A	۲۵	۰	۰	۰	۰
لایه کلیدی B	۰	۲۵	۰	۰	۰
لایه کلیدی C	۰	۰	۲۵	۰	۰
لایه کلیدی D	۰	۵	۰	۲۰	۰
لایه آسماری فوقانی	۰	۷	۰	۱	۱۷

(ت)

لایه آسماری فوقانی	لایه کلیدی A	لایه کلیدی B	لایه کلیدی C	لایه کلیدی D	لایه کلیدی فوقانی
لایه کلیدی A	۲۵	۰	۰	۰	۰
لایه کلیدی B	۰	۲۵	۰	۰	۰
لایه کلیدی C	۰	۰	۲۵	۰	۰
لایه کلیدی D	۰	۸	۰	۱۷	۰
لایه آسماری فوقانی	۰	۱۰	۰	۰	۱۵

(پ)

با توجه به نتایج حاصل از جداول ماتریس سردرگمی ۲-۳، ماشین بردار پشتیبان با توابع مختلف عملکرد متفاوت دارد. برای جداسازی لایه‌های کلیدی (A,B,C) این عملکرد تقریباً یکسان است؛ بطوری که جز تابع RBF، مابقی توابع با دقت ۱۰۰٪ قادر به جداسازی این سه لایه از یکدیگر بوده‌اند. اما تفاوت در میزان عملکرد در جداسازی مابین لایه‌های کلیدی D و آسماری فوقانی است که در توابع مختلف مشهود است. بطوری که که تابع POLYNOMIAL درجه سه بهترین طبقه‌بند برای جداسازی بین این دو لایه با میزان تقریبی ۷۰٪ بوده است و توابع QUADRATIC و RBF عملکرد تقریبی برابر ۶۴٪ و ۵۲٪ را دارند. در این میان تابع خطی ضعیف‌ترین عملکرد را با مقدار دقت تقریبی ۳۰٪ دارا می‌باشد.

با توجه به اهمیت و تفکیک انتهایی‌ترین لایه گچساران و لایه فوقانی آسماری، آزمایش دیگری بر روی یکی دیگر از چاه‌های مورد مطالعه تنها مابین دو لایه مذکور با استفاده از الگوریتم آنالیز رنگ ارائه شده است. نتایج عملکرد سیستم همراه با مدت زمان پاسخ گویی الگوریتم با ۴۰ داده آموزش و ۴۰ داده آزمایش در جدول ۳-۳ نمایش داده شده است.

جدول ۵-Error! No text of specified style in document. نتایج عملکرد سیستم در آنالیز رنگ همراه با

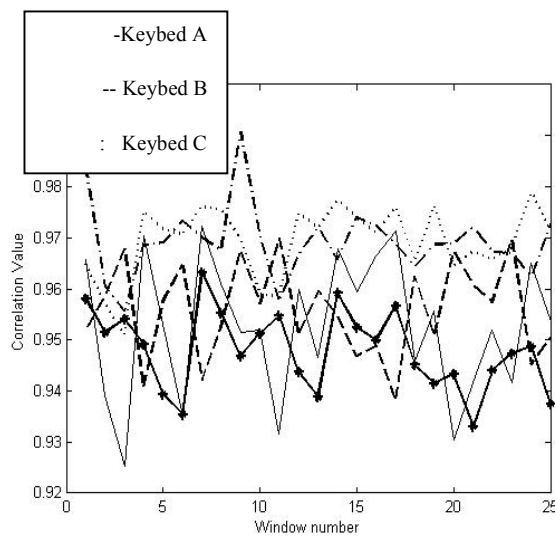
مدت زمان پاسخ گویی الگوریتم به هر پنجره در انتهایی‌ترین لایه گچساران و لایه فوقانی آسماری

مدت زمان پاسخ‌گویی (ثانیه)	عملکرد سیستم	طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان
۲/۵۷	۸۷/۵٪	تابع خطی
—	۷۵٪	تابع rbf با مقدار سیگما یک
—	۷۷/۵٪	تابع quadratic
—	۸۵٪	تابع polynomial با درجه سه

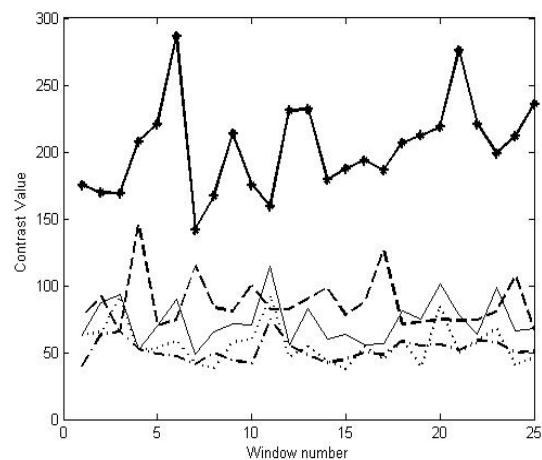
جداسازی مذکور به منظور اهمیت بالای شناسایی این دو لایه در عملیات بتن‌گذاری انجام شده است. مشاهده می‌شود تابع خطی بر خلاف جداسازی چندکلاسه، در جداسازی این دو کلاس بهترین عملکرد که تقریباً برابر ۸۷.۵٪ است؛ را داشته است. همچنین زمان پاسخ‌دهی ۳ ثانیه می‌باشد که برای تشخیص هر پنجره اختصاص داده شده است. این دقت عملکرد با سرعت پاسخ‌گویی اشاره شده می‌تواند کمک شایانی در تصمیم‌گیری زمین‌شناس سرچاه نماید.

آنالیز بافت

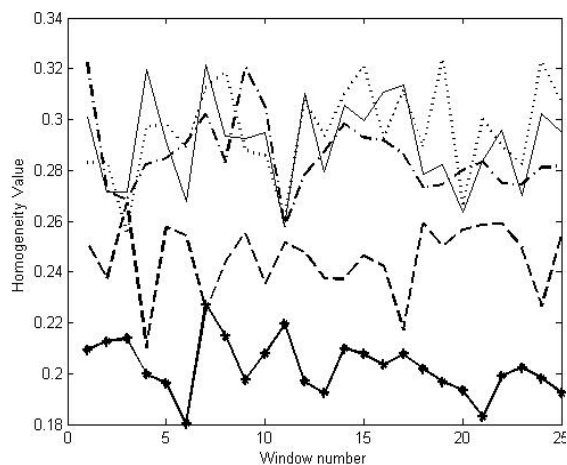
در الگوریتم آنالیز بافت نیز همانطور که در ابتدا گفته شد هر عکس به پنجره‌هایی تبدیل شده است. پنجره‌ها ابتدا از فضای رنگی به فضای خاکستری برده شده‌اند؛ تا آنالیز بافت مطرح شده آنها صورت گیرد. در ابتدا با محاسبه ماتریس GLCM از روی پنجره‌ها برای هر لایه مذکور، ۲۵ عدد ماتریس GLCM تولید شده است؛ که از هر ماتریس GLCM چهار ویژگی: روشنایی، همبستگی، انرژی و همجنسی در چهار جهت : $\theta = \{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ\}$ استخراج شده است. در شکل ۳-۸ الی ۳-۱۱ میزان تغییرات این چهار ویژگی بصورت نمونه در $\theta = \{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ\}$ در پنج لایه مذکور نمایش داده شده است.



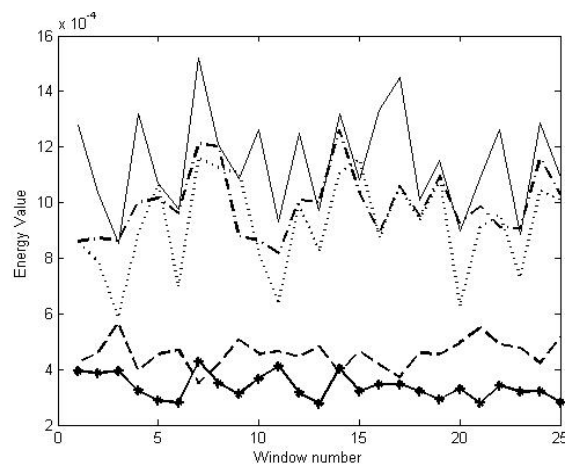
(ب)



(الف)



(ت)

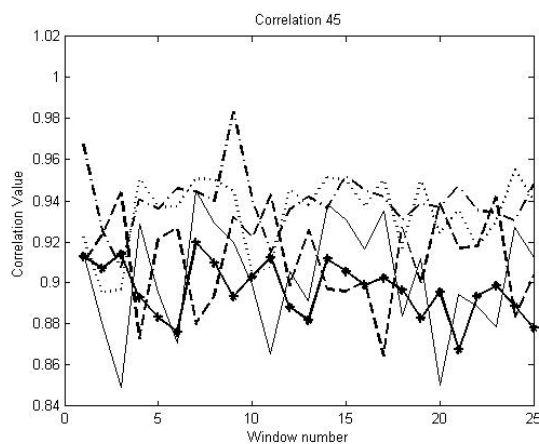


(پ)

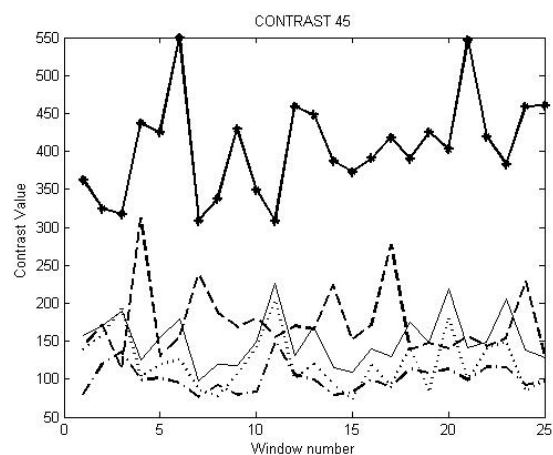
شکل ۲۷-Error! No text of specified style in document. میزان تغییرات چهار ویژگی روشنایی، همبستگی،

انرژی و همجنسی از پنج لایه مورد بررسی در $\theta = \{0^\circ\}$ (الف) تغییرات میزان روشنایی ، (ب) تغییرات میزان

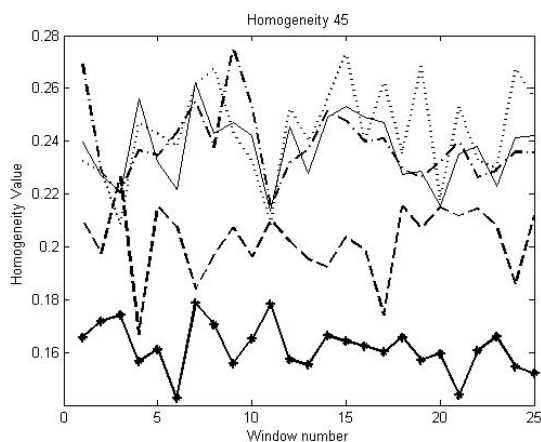
همبستگی ، (پ) تغییرات میزان انرژی ، (ت) تغییرات میزان همجنسی.



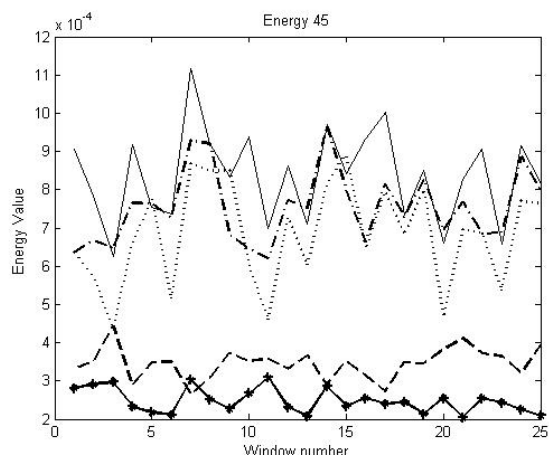
(ب)



(الف)



(ت)

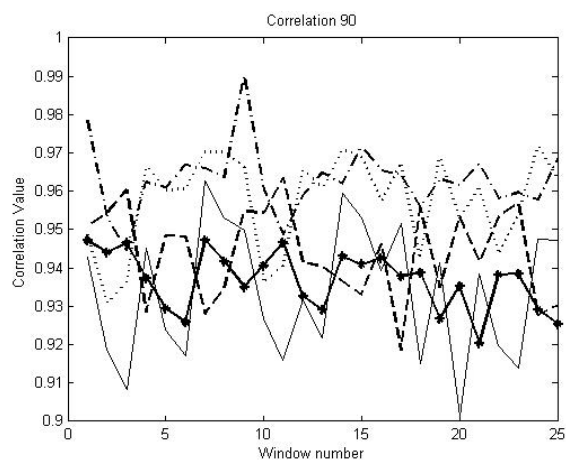


(پ)

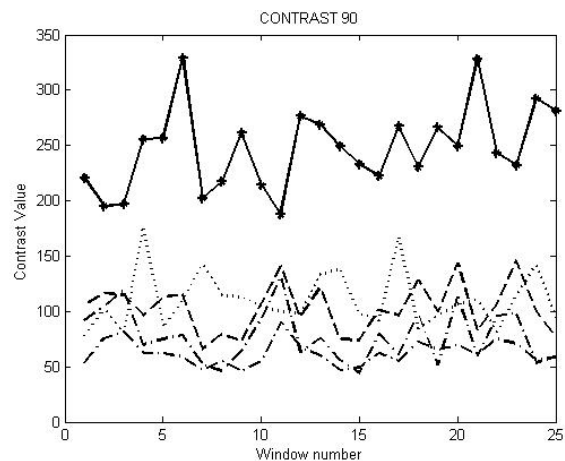
شکل ۲۸-Error! No text of specified style in document. میزان تغییرات چهار ویژگی روشنایی، همبستگی،

انرژی و همجنسی از پنج لایه مورد بررسی در $\theta = \{45^\circ\}$ ، (الف) تغییرات میزان روشنایی ، (ب) تغییرات میزان

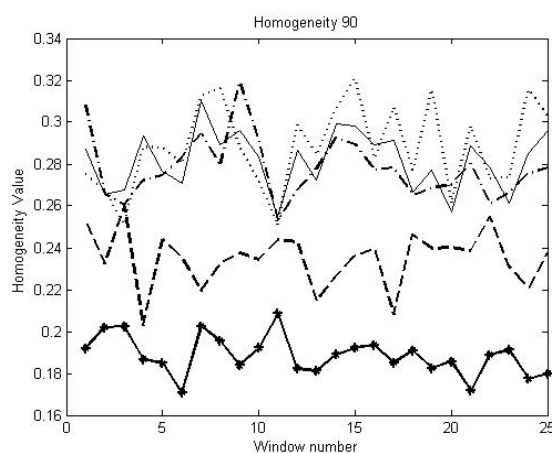
همبستگی ، (پ) تغییرات میزان انرژی ، (ت) تغییرات میزان همجنسی .



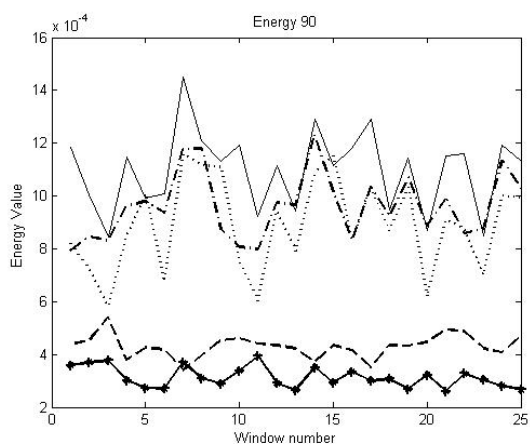
(ب)



(الف)



(ت)

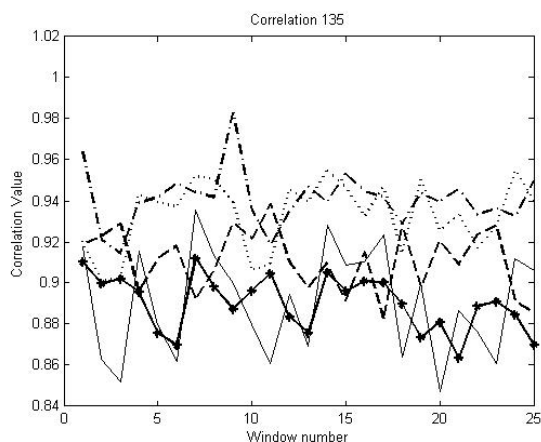


(پ)

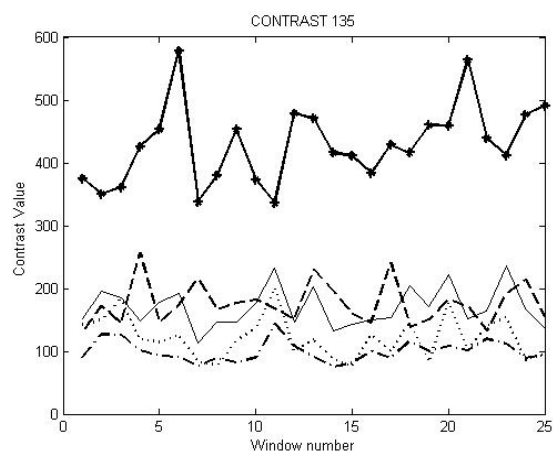
شکل ۲۹-Error! No text of specified style in document. میزان تغییرات چهار ویژگی روشنایی، همبستگی،

انرژی و همجنسی از پنج لایه مورد بررسی در $\theta = \{90^\circ\}$ (الف) تغییرات میزان روشنایی د ، (ب) تغییرات میزان

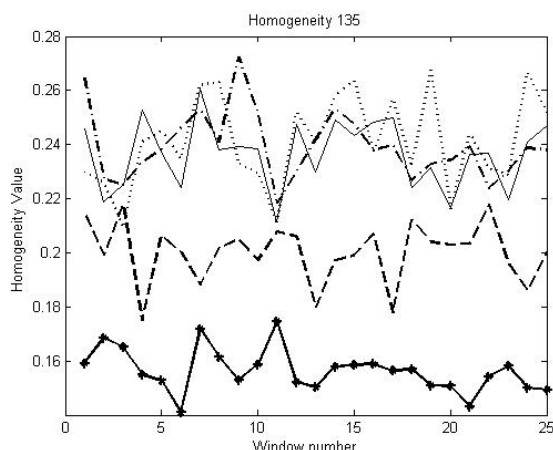
همبستگی ، (پ) تغییرات میزان انرژی ، (ت) تغییرات میزان همجنسی .



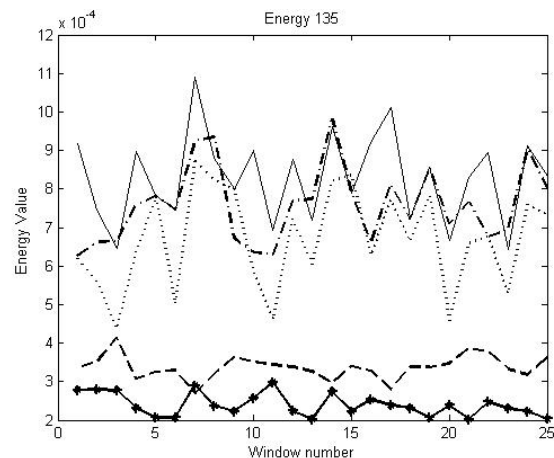
(ب)



(الف)



(ت)



(پ)

شکل. Error! No text of specified style in document. میزان تغییرات چهار ویژگی روشنایی، همبستگی،

انرژی و همجنسی از پنج لایه مورد بررسی در  (الف) تغییرات میزان روشنایی ، (ب) تغییرات میزان

همبستگی ، (پ) تغییرات میزان انرژی ، (ت) تغییرات میزان همجنسی.

همانطور که در شکل ۳-۸ مشاهده می‌شود، تفاوت‌های بارزی در چهار ویژگی ماتریس هم‌رخداد در این پنج لایه مشاهده می‌شود. البته در برخی ویژگی‌ها این تفاوت بارزتر است؛ ولی در برخی دیگر اندازه ویژگی مورد نظر در لایه‌های مختلف دارای هم‌پوشانی هستند. بطور مثال در شکل ۳-۸ (الف) میزان روشنایی در سطحی بالاتر نسبت به بقیه قرار دارد. همچنین در شکل ۳-۸ (ب) لایه‌ها دارای همبستگی

تقریباً یکسانی هستند؛ در صورتی که در شکل ۳-۸ (پ) تفاوت در میزان انرژی لایه‌ها واضح است. بنابراین که آسماری فوقانی دارای کمترین میانگین انرژی و لایه کلیدی A دارای بیشترین میانگین انرژی است. تفاوت‌ها در $\theta = \{45^\circ, 90^\circ, 135^\circ\}$ نیز تقریباً به همین صورت مشاهده می‌شود.

برای استخراج ویژگی، از ویژگی‌های روشنایی، همبستگی، انرژی و همجنسی در چهار جهت : $\theta = \{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ\}$ استفاده شده است؛ که ۲۵ نمونه آموزش از هر لایه تشکیل بردار ویژگی ۱۶ بُعدی برای هر پنجره را خواهند داد. ابتدا طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان با این ۱۲۵ داده آموزش دیده است. برای آزمایش نیز همانند روش آنالیز رنگ از ۱۲۵ داده آزمون استفاده شده است. شرایط طبقه‌بند نیز مشابه آنالیز رنگ است. نتایج حاصله از آزمایش طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان در جداول ۳-۴ نمایش داده شده است.

جدول. Error! No text of specified style in document. ۶-طبقه‌بندی آنالیز بافت با ماشین بردار پشتیبان با توابع

مختلف، الف) ماتریس سردرگمی با استفاده از تابع خطی ماشین بردار پشتیبان، ب) ماتریس سردرگمی با

استفاده از تابع rbf با مقدار سیگما یک، ج) ماتریس سردرگمی با استفاده از تابع quadratic، د) ماتریس

سردرگمی با استفاده از تابع polynomial با درجه سه

لایه ها	لایه کلیدی A	لایه کلیدی B	لایه کلیدی C	لایه کلیدی D	لایه آسماری فوقانی
لایه کلیدی A	۲۵	۰	۰	۰	۰
لایه کلیدی B	۰	۲۰	۰	۰	۵
لایه کلیدی C	۱	۲	۱۶	۲	۴
لایه کلیدی D	۲	۵	۰	۱۵	۳
لایه آسماری فوقانی	۰	۷	۰	۰	۱۸

(ب)

لایه ها	لایه کلیدی A	لایه کلیدی B	لایه کلیدی C	لایه کلیدی D	لایه آسماری فوقانی
لایه کلیدی A	۲۵	۰	۰	۰	۰
لایه کلیدی B	۱	۲۰	۰	۰	۰
لایه کلیدی C	۲	۲	۱۹	۰	۲
لایه کلیدی D	۱	۲	۱	۱۷	۴
لایه آسماری فوقانی	۰	۴	۰	۵	۱۶

(الف)

لایه ها	لایه کلیدی A	لایه کلیدی B	لایه کلیدی C	لایه کلیدی D	لایه آسماری فوقانی
لایه کلیدی A	۲۵	۰	۰	۰	۰
لایه کلیدی B	۲	۱۷	۰	۰	۶
لایه کلیدی C	۱	۰	۲۰	۳	۱
لایه کلیدی D	۱	۱	۴	۱۵	۴
لایه آسماری فوقانی	۰	۱۲	۰	۰	۱۳

(ت)

لایه ها	لایه کلیدی A	لایه کلیدی B	لایه کلیدی C	لایه کلیدی D	لایه آسماری فوقانی
لایه کلیدی A	۲۳	۲	۰	۰	۰
لایه کلیدی B	۰	۱۷	۵	۰	۳
لایه کلیدی C	۰	۱	۲۱	۰	۳
لایه کلیدی D	۰	۳	۳	۱۵	۴
لایه آسماری فوقانی	۰	۱۴	۰	۰	۱۱

(پ)

نتایج حاصل در جداول ۳-۴ نشان از تفاوت در میزان عملکرد طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان با توابع مختلف دارد. بطوری که مشاهده می‌شود تغییرات میزان عملکرد طبقه‌بند برای جداسازی سه لایه A، B و C برای هر چهار تابع جداساز تقریباً یکسان است. اما در جداسازی دو لایه D و آسماری فوقانی با تابع درجه دوم و تابع چند جمله‌ای درجه سوم، عملکرد سیستم تقریباً برابر با ۵۲٪ در صورتی که با تابع پایه شعاعی میزان به ۷۲٪ افزایش یافته است؛ که جواب نسبتاً قابل قبولی است. حال می‌توان چنین گفت که عملکرد دو تابع خطی و پایه شعاعی در جداسازی این پنج لایه موفق‌آمیزتر از دو تابع دیگر است. همچنین نتایج حاصل نشان می‌دهد آنالیز رنگ عملکردی بهتری نسبت به آنالیز بافت داشته است. با توجه به اهمیت تعمیم آنالیز انجام شده به چاه‌های دیگر امکان تغییر رنگ در نمونه‌ها ممکن است با تغییر چاه و حوضه نفتی صورت گیرد؛ که در این صورت می‌توان به آنالیز بافت برای تعمیم مورد نظر اتکا نمود. همانند آنالیز رنگ، آنالیز جداگانه‌ای برای تفکیک انتهایی‌ترین لایه گچساران و لایه فوقانی آسماری با ۴۰ داده آموزش و ۴۰ داده انجام شده، که نتایج آن در جدول ۳-۵ نمایش داده شده است:

جدول ۷-Error! No text of specified style in document. نتایج عملکرد سیستم در آنالیز بافت همراه با مدت

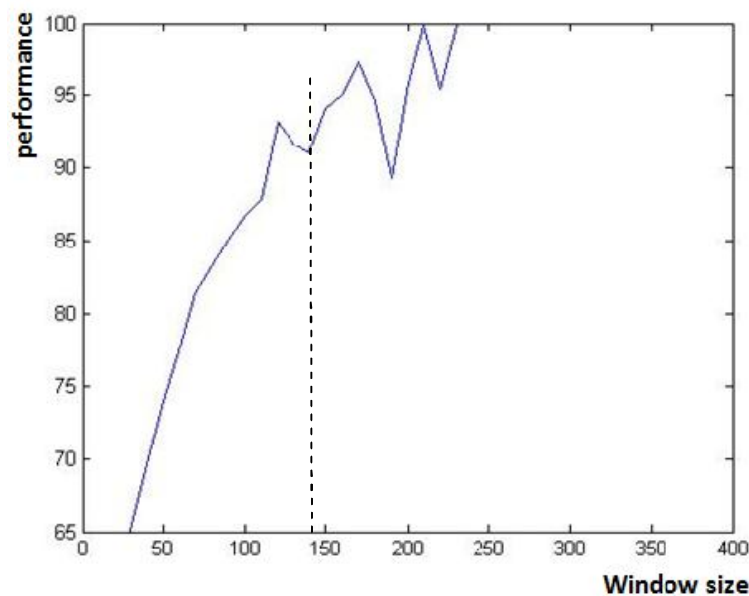
زمان پاسخ گویی الگوریتم به هر پنجره در انتهایی‌ترین لایه گچساران و لایه فوقانی آسماری

مدت زمان پاسخگویی (ثانیه)	عملکرد سیستم	طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان
۰/۳۹	۹۵٪	تابع خطی
—	۶۵٪	تابع rbf با مقدار سیگما یک
—	۸۵٪	تابع quadratic
—	۸۲.۵٪	تابع polynomial با درجه سه

نتایج جدول ۳-۵ نشان می دهد جداسازی در انتهای ترین لایه گچساران و لایه فوقانی آسماری توسط تابع خطی، بهترین عملکرد را در میان مابقی توابع دارد؛ که این عملکرد دارای دقت تقریبی ۹۵٪ است و نسبت به آنالیز رنگ ۸٪ بهبود نشان می دهد. همچنین مدت زمان پاسخ گویی به هر پنجره به مقدار زیادی نسبت به آنالیز رنگ بهبود یافته است؛ بطوری که زمان محاسبه شده در الگوریتم بافت برابر ۰/۳۹ ثانیه بوده است و در الگوریتم رنگ تقریباً ۳ ثانیه است و نشانگر بهبود ۲/۶ ثانیه است. هر چند در جداسازی پنج لایه، الگوریتم آنالیز رنگ عملکرد موفق تری در جداسازی داشته است.

تخمین ابعاد پنجره

همانطور که در ابتدای آنالیز رنگ و آنالیز بافت بیان شد، تمامی تصاویر با ابعاد 900×900 برای آنالیز به پنجره هایی به ابعاد 300×300 تبدیل شده اند. با توجه به اهمیت انتخاب ابعاد مناسب برای ساختن پنجره ها از روی تصویر اصلی، میزان عملکرد الگوریتم های بیان شده با ابعاد پنجره های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که میزان عملکرد برای جداسازی دو کلاسه در نظر گرفته شده است. ابعاد پنجره های مورد آزمایش از 30×30 تا 400×400 با قدم های ۱۰ پیکسل افزایش در سطر و ستون انجام شده است. میزان عملکرد سیستم به ابعاد پنجره در شکل ۳-۱۲ نمایش داده شده است.



شکل ۳۱-Error! No text of specified style in document. تاثیر ابعاد پنجره بر روی عملکرد سیستم.

شکل ۳-۱۲ نشان می‌دهد با افزایش ابعاد پنجره از ۳۰ تا حدود ۱۷۰، عملکرد سیستم افزایش چشمگیری دارد. این نتایج همینطور نشان می‌دهد که به ازای ابعاد پنجره بالاتر از ۲۵۰، عملکرد به مقدار حداکثر خود می‌رسد و عملکرد سیستم ثابت خواهد ماند. بدین منظور، ابعاد پنجره مورد استفاده در این تحقیق 300×300 انتخاب شد.

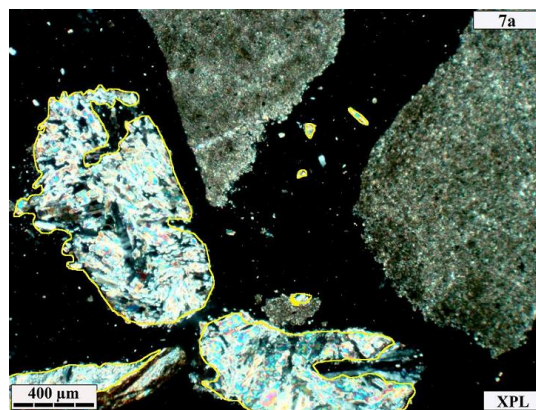
آنالیز میکروسکپی

زمین شناس سر چاه برای کسب اطمینان بیشتر برای تشخیص لایه‌های کلیدی با تهیه مقاطع نازک^{۷۶} و مطالعه میکروسکپی آنها تصمیم لازم را برای ادامه یا توقف عملیات حفاری اتخاذ می‌کند. بدین منظور تشخیص اتوماتیک خواسته‌های زمین شناس از روی تصاویر میکروسکوپی می‌تواند کمک شایانی در این امر داشته باشد.

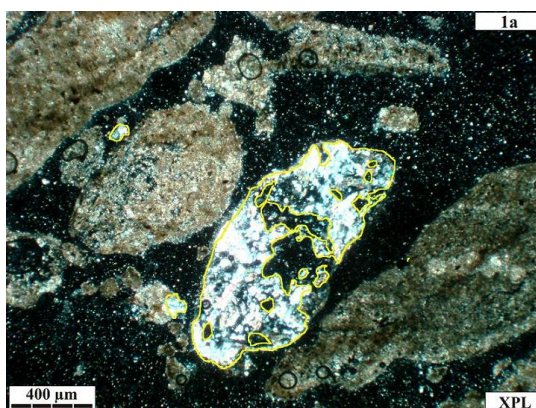
⁷⁶ Thin section

داده‌های تحقیق

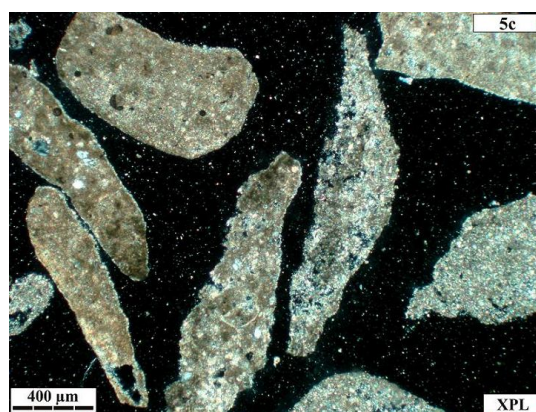
با تهیه مقاطع نازک از بخش شماره ۱ سازند گچساران که خود شامل چهار نمونه و همچنین از بخش بالای سازند آسماری که شامل یک سری نمونه است انجام گرفته است. در کل داده‌های تحقیق ما شامل شش عدد مقطع نازک بوده است که توسط میکروسکوپ با بزرگ نمایی $400\text{ }\mu\text{m}$ تهیه شده است و توسط متخصص رسوب‌شناس، نوع کانی‌های موجود در هر تصویر مشخص شده است. از هر مقطع تعداد سه عدد تصویر گرفته شده است؛ که در مجموعه داده‌های ما شامل ۱۸ عدد تصویر است. بصورت نمونه سه عدد از این تصاویر که کانی‌های تبخیری آنها توسط رسوب‌شناس با رنگ زرد کادربندی شده است؛ در شکل شماره ۳-۱۳ نشان داده شده است.



(الف)



(ب)



(پ)

شکل ۳۲-Error! No text of specified style in document. تصاویر میکروسکوپی مطالعه شده توسط رسوب

شناس، الف) خرده های بخش ۱ گچساران که شامل ۳ تکه کانی تبخیری و ۲ تکه کانی غیر تبخیری، ب) خرده-

های بخش ۱ گچساران که شامل ۱ تکه کانی تبخیری در وسط تصویر و ۶ تکه کانی غیر تبخیری، (پ) خرده های بخش بالایی آسماری شامل چندین تکه کانی غیر تبخیری.

استراتژی آنالیز

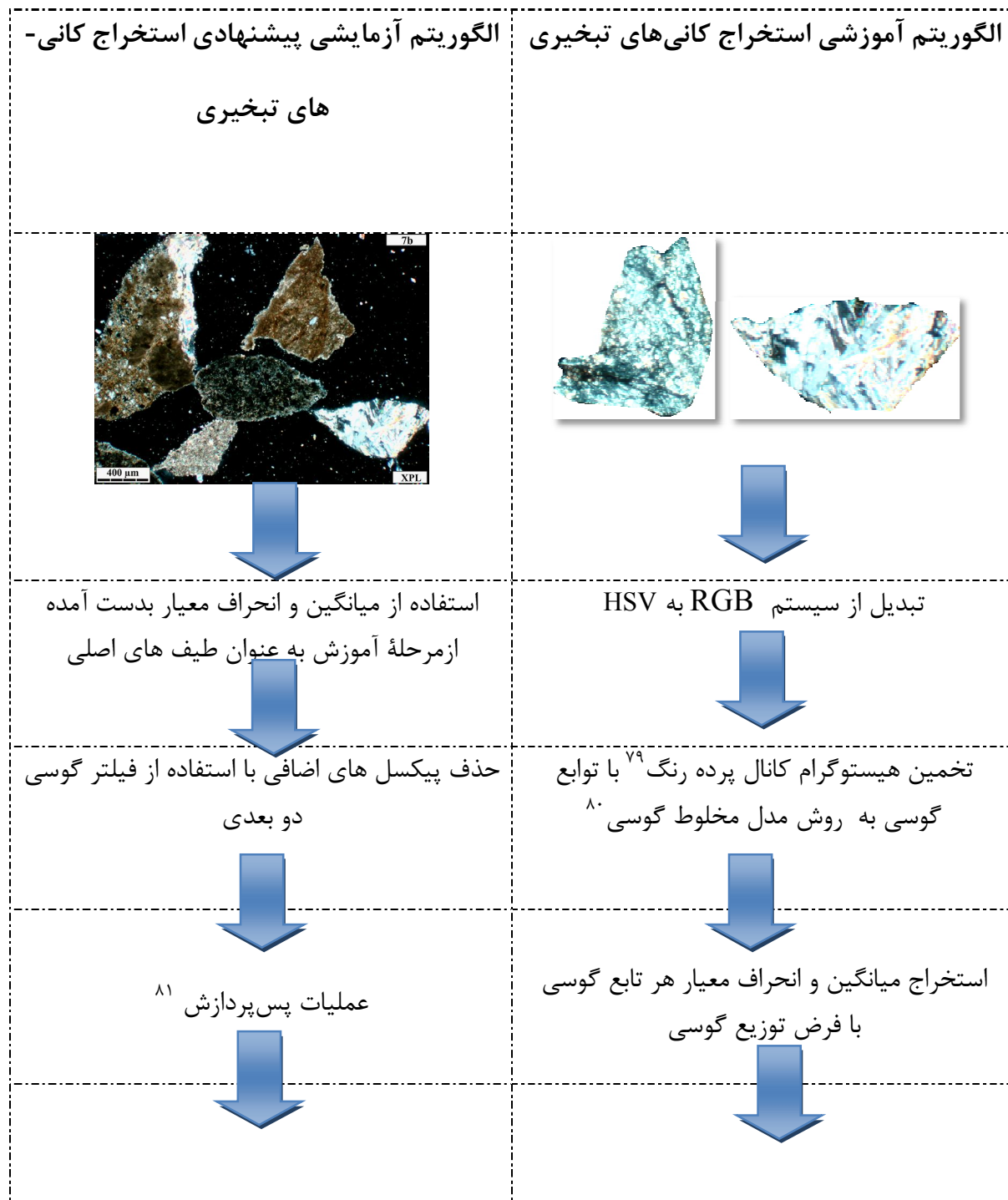
با توجه تفاوت‌هایی که در ساختار میکروسکوپی سازند گچساران و آسماری در فصل ۱ بیان شده می‌توان یکی از وجوه تمایز این دو سازند را وجود مقادیر زیاد کانی‌های تبخیری در سازند گچساران و قابل ملاحظه میزان این نوع کانی‌ها در سازند آسماری بیان کرد. قابل ذکر است که این روند نه بصورت سریع بلکه بصورت تدریجی انجام می‌شود. آنالیز نسبت سنگ‌های تبخیری به بقیه کانی‌های موجود در مقطع می‌تواند دلیلی بر گذار از سازند گچساران به سازند آسماری را نشان دهد.

بخش‌بندی کانی‌های تبخیری از کانی‌های غیر تبخیری

با توجه به این که یکی از مشخصه‌های کانی‌های تبخیری رنگ‌های تداخلی روشن و کشیدگی دانه‌های آن نسبت به کانی‌های غیر تبخیری است، آنالیز رنگ می‌تواند یکی از آنالیزهای مؤثر در این تصاویر باشد. به این ترتیب الگوریتم پیشنهادی که شامل دو مرحله آموزش^{۷۷} و آزمایش^{۷۸} است در شکل ۳-۱۴ نمایش داده شده است.

⁷⁷ Train

⁷⁸ Test



⁷⁹ Hue

⁸⁰ Gaussian mixture model

⁸¹ Post processing

استخراج سنگ های تبخیری	μ, Σ
------------------------	---------------

شکل. Error! No text of specified style in document. ۳۳ نمایش مراحل الگوریتم های پیشنهادی آموزش و

آزمایش در آنالیز بافت

در مرحله آموزش با مدل گوسی که از هیستوگرام کانال پرده رنگ تخمین زده شده، به استخراج میانگین و انحراف معیار طیف رنگی قالب در این کانال می پردازیم و در مرحله آزمایش با استفاده از میانگین و انحراف معیار مرحله آموزش و استفاده از فیلتر گوسی مناسب، به استخراج سنگ های تبخیری از مابقی سنگ ها می پردازیم.

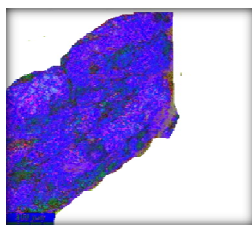
تبدیل مدل RGB به مدل HSV و هیستوگرام آن

با توجه به نوع عکس ها، طیف رنگهای موجود در کانی های تبخیری مورد مطالعه قرار می گیرد. به همین دلیل مدل RGB و CMY و سایر مدل رنگ های مشابه برای توصیف رنگ ها بر اساس تفسیر انسان مناسب نیستند. استفاده از مدل HSV (پرده رنگ^{۸۲}، اشباع^{۸۳}، شدت روشنایی^{۸۴}) و بررسی هیستوگرام های هر کانال می توان در مورد طیف های رنگی موجود و همچنین چگونگی گستردگی آنها قضاوت کرد. در شکل ۳-۱۵ تصویر در مدل HSV و همچنین هیستوگرام های کانال پرده رنگ نمایش داده شده است.

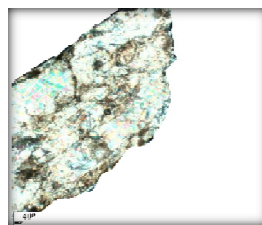
⁸² Hue

⁸³ Saturation

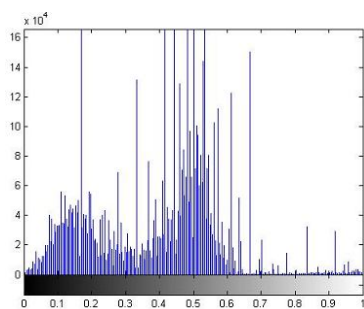
⁸⁴ Intensity



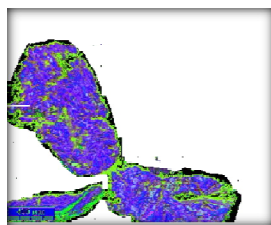
(ب)



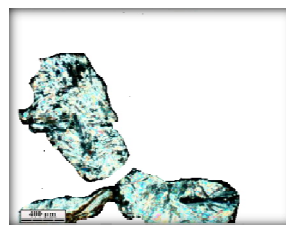
(الف)



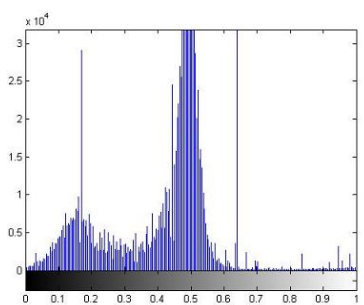
(پ)



(ث)



(ت)



(ج)

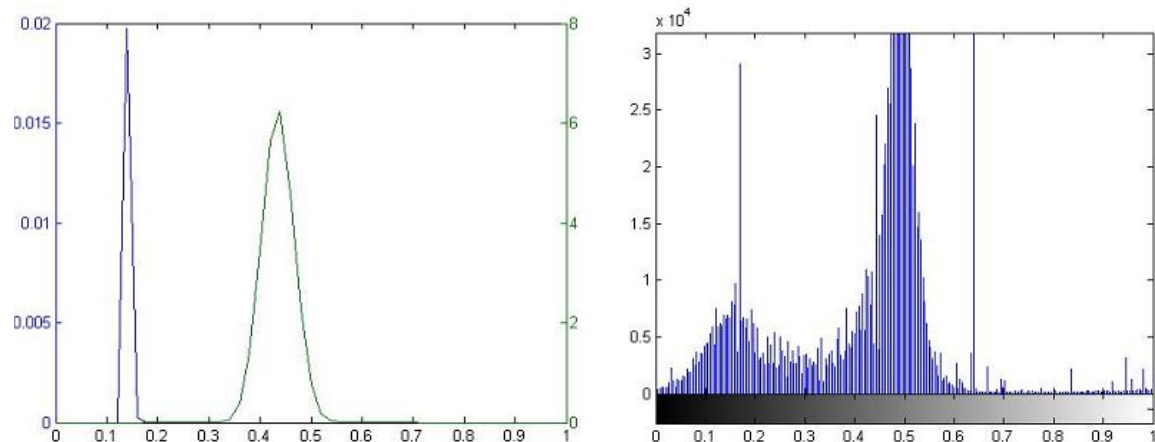
شکل ۳۴-Error! No text of specified style in document. تبدیل مدل RGB به HSV در تصاویر نمونه، الف) تصویر میکروسکوپی سنگ تبخیری در فضای RGB، ب) تصویر میکروسکوپی سنگ تبخیری در فضای HSV.

پ) هیستوگرام مربوط به کانال پرده رنگ، ت) تصویر میکروسکپی سنگ تبخیری در فضای RGB، ث) تصویر میکروسکپی سنگ تبخیری در فضای HSV، ج) هیستوگرام مربوط به کانال پرده رنگ

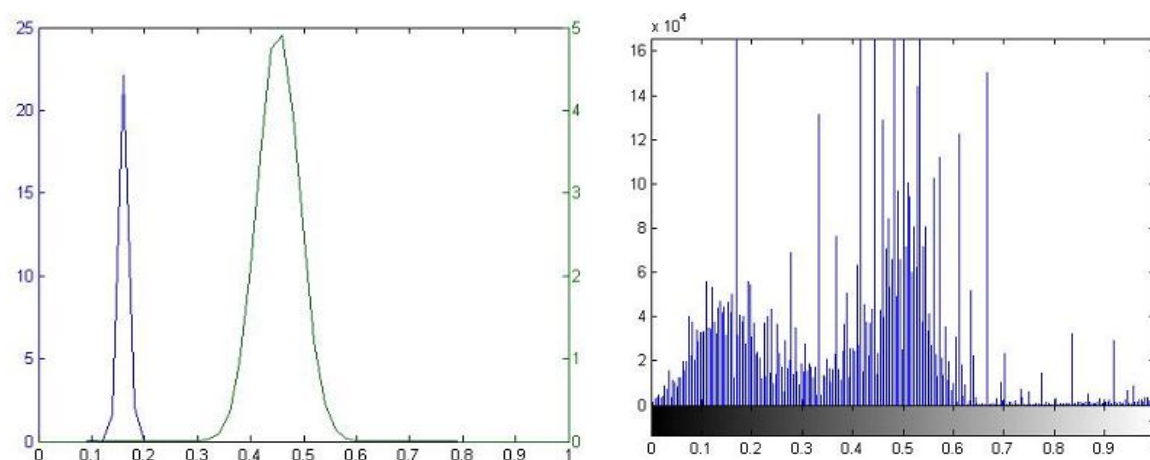
با توجه با شکل هیستوگرام‌ها در تصاویر شکل ۳-۱۵، دو طیف قالب رنگی با مرکزیت تقریبی ۰/۵ و ۰/۱۵ قابل مشاهده است؛ که با توجه به میزان گستردگی آنها دارای انحراف معیارهای خاص هستند. با بررسی تمامی تصاویر سنگ‌های تبخیری مشاهده می‌شود که در تمامی این تصاویر این فرضیه، وجود این دو طیف قالب برقرار است و با توجه به نوع توزیع گوسی آنها می‌توان هیستوگرام پرده رنگ را با دو منحنی گوسی با دو میانگین و انحراف معیار تخمین زد.

تخمین هیستوگرام با توابع گوسی به روش مدل مخلوط گوسی

هر یک از هیستوگرام‌های که از تصاویر استخراج شده، با استفاده از روش GMM به دو منحنی گوسی تخمین زده شده است. در شکل ۳-۱۶ نمونه‌ای از این تصاویر نمایش داده شده است.



(الف)



(ب)

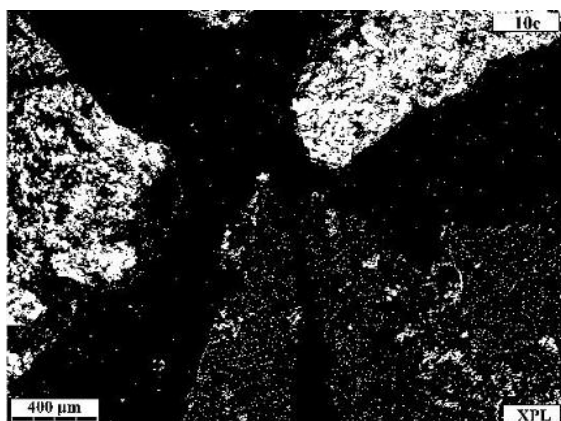
شکل ۳۵-Error! No text of specified style in document. تخمین هیستوگرام به دو منحنی گوسی مربوط به سازند بخش ۱ سازند کچساران، الف) تخمین هیستوگرام به دو منحنی گوسی در نمونه ایی از هیستوگرام واضح ، ب) تخمین هیستوگرام به دو منحنی گوسی در نمونه ایی از هیستوگرام پیچیده

با توجه به ازدیاد تصاویر نمونه کانی‌های تبخیری، ابتدا تمامی تصاویر را انتخاب و سپس بطور تصادفی، از تمامی پیکسل‌های موجود به تخمین هیستوگرام با دو تابع گوسی پرداخته‌ایم. در نهایت مدل‌سازی به دو منحنی گوسی با میانگین‌های $\mu_1 = 0.4441$ و $\mu_2 = 0.1252$ و انحراف معیارهای $\sigma_1 = 0.459$ و $\sigma_2 = 0.035$ منجر شد. میانگین‌های بدست آمده از این الگوریتم بیانگر این حقیقت است که طیف رنگی

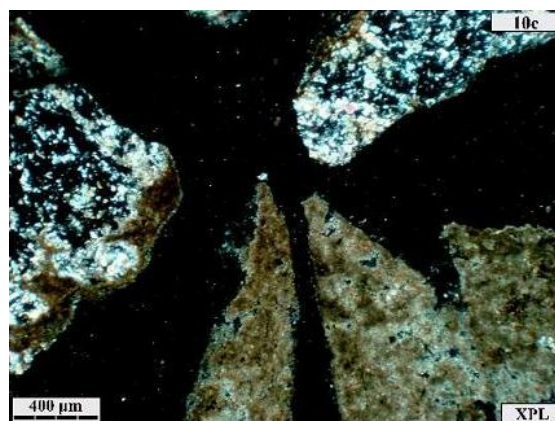
سنگ‌های تبخیری بیشتر حاوی طول موج‌های آبی و قرمز روشن است. با توجه اینکه الگوریتم روش مدل مخلوط گوسی، نقطه شروعی بصورت تصادفی دارد، این مقادیر با انجام چندبار تکرار الگوریتم GMM و میانگین‌گیری حاصل شده است. از این مقادیر به عنوان مدهای قالب در سنگ‌های تبخیری جهت جداسازی این نوع سنگ از تصاویر ورودی مورد استفاده قرار گرفته است.

الگوریتم آزمایشی پیشنهادی استخراج کانی‌های تبخیری

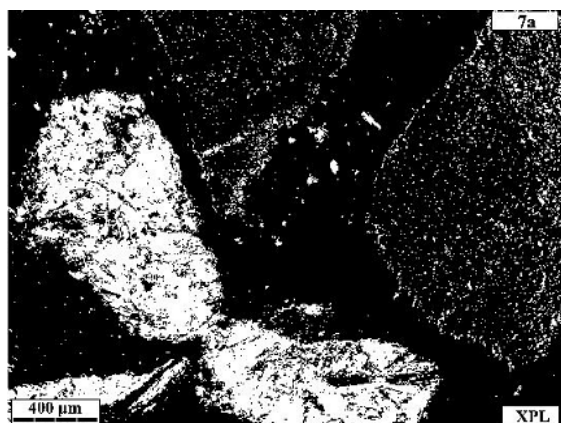
برای استخراج کانی‌های تبخیری در تصاویر آزمون، ابتدا تصویر را به فضای HSV تبدیل و با استفاده از میانگین و انحراف معیار استخراج شده از مدل GMM دو طیف رنگ قالب در مدل جهت طبقه‌بندی پیکسل‌های تصویر استفاده می‌شود. از الگوریتم آموزشی به استخراج پیکسل‌هایی با دارا بودن پرده رنگ با شرایط بالا پرداخته شده است. در شکل ۳-۱۷ نمونه‌ای از این طبقه‌بندی نشان داده شده است.



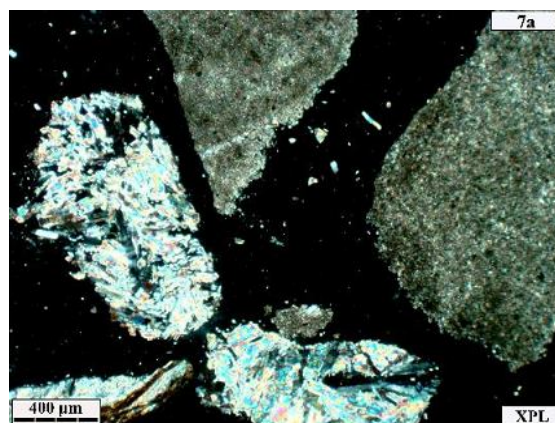
(ب)



(الف)



(ت)



(پ)

شکل ۳۶-Error! No text of specified style in document. استخراج پیکسل‌ها با شرایط اعمال شده از مدل GMM، (الف) تصویر ورودی نمونه به الگوریتم آزمایش، (ب) تصویر خروجی با شرط برقراری پیکسل‌هایی با پرده رنگ با میانگین و انحراف معیار مشخص شده. (پ) تصویر ورودی نمونه به الگوریتم آزمایش، (ت) تصویر خروجی با شرط برقراری پیکسل‌هایی با پرده رنگ با میانگین و انحراف معیار مشخص شده.

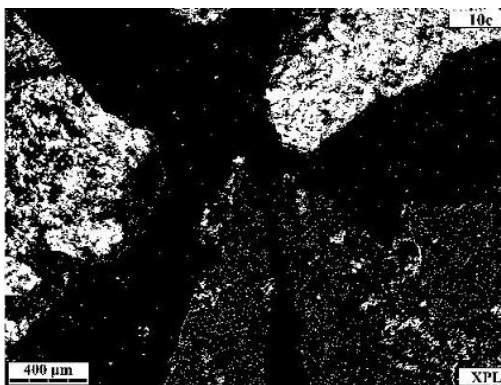
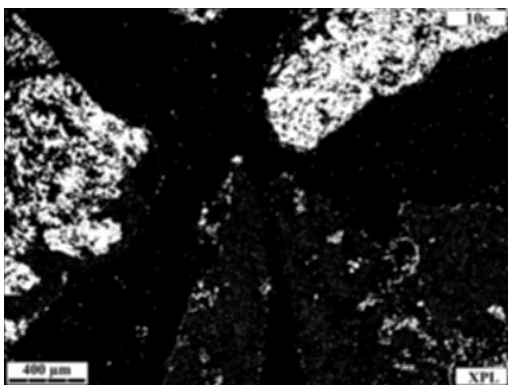
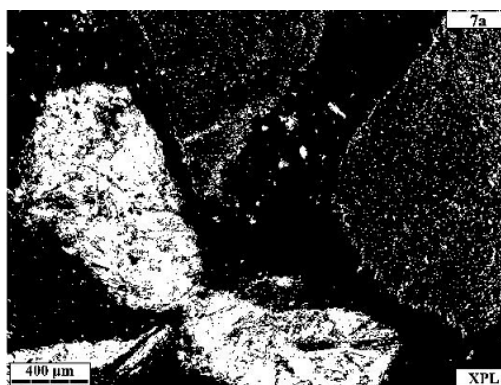
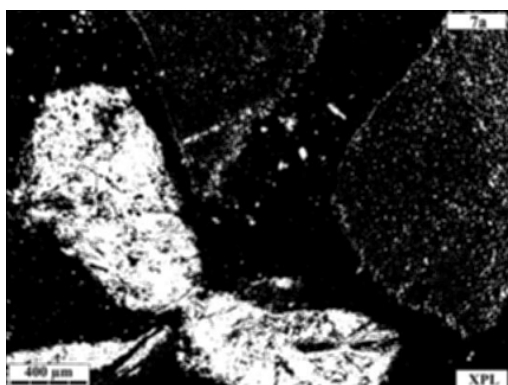
در تصویر خروجی، پیکسل‌هایی که طیف رنگی مشابه با مدل استخراجی ارزش یک و سایر پیکسل‌ها ارزش صفر گرفته‌اند. همان‌طور که در شکل ۳-۱۷ مشخص است، علاوه بر کانی‌های تبخیری برخی پیکسل‌های پراکنده در مابقی کانی‌ها نیز برچسب یک (کلاس تبخیری) گرفته‌اند. با توجه به این چگالی

پیکسل‌هایی که در سنگ‌های تبخیری برچسب یک گرفته‌اند نسبت به سایر سنگ‌ها بالاترست. می‌توان از این ویژگی برای جداسازی دقیق‌تر سنگ‌های تبخیری استفاده کرد. برای تخمین چگالی پیکسل‌هایی که بر چسب یک خورده‌اند، از فیلتر گوسی دو بعدی با ابعاد [۲۵ ۲۵] و واریانس ۲۲ استفاده شده است. پس از این مرحله تصویر نتیجه با یک آستانه مقایسه می‌شود، تا تصویر باینری حاصل شود.

حذف پیکسل‌های اضافی با استفاده از فیلتر گوسی دو بعدی

همانگونه که در بخش ۱-۷-۱-۱ توضیح داده شد، یکی از ویژگی‌های بارز در ساختار کانی‌های تبخیری، میزان کشیدگی این کانی‌ها نسبت به انواع دیگر کانی‌ها در تصاویر میکروسکوپی است؛ که باعث تجمع پیکسل‌ها در قسمت‌هایی از تصویر می‌شود که کانی تبخیری وجود دارد. استفاده از فیلتر گوسی برای استخراج این تجمع پیکسل یک راهکار مناسب است؛ که پیشنهاد شده است. این پروسه با استفاده از یک فیلتر گوسی دوبعدی^{۸۵} امکان‌پذیر می‌باشد. رویه یک تصویر نمونه قبل و بعد از هموارسازی در شکل ۳-۱۸ نشان داده شده است.

⁸⁵ Gaussian filter



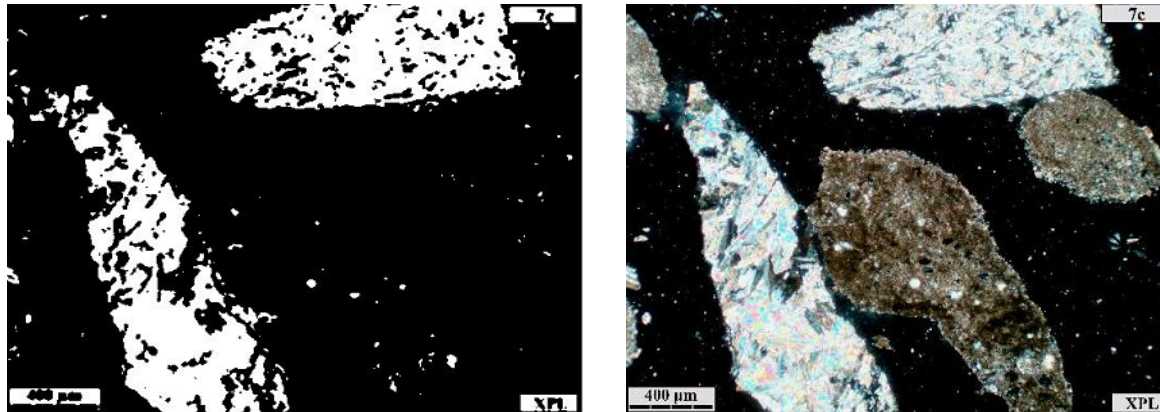
(ب)

(الف)

شکل Error! No text of specified style in document. ۳۷ حذف پیکسل‌های زائد تصاویر با استفاده از فیلتر گوسی دو بعدی، (الف) تصویر ورودی قبل اعمال فیلتر ، (ب) تصویر خروجی بعد از اعمال فیلتر گوسی دو بعدی. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که انتخاب پارامتر انحراف معیار فیلتر گوسی σ از اهمیت زیادی برخوردار است. بزرگ بودن انحراف معیار باعث هموارسازی شدید و از دست رفتن لبه‌های تصویر می‌شود در حالی که انتخاب مقدار کوچک برای σ سنگ های غیر تبخیری را حذف نمی‌کند. در این قسمت با انجام آزمایش بر روی تصاویر از فیلتر گوسی دو بعدی با ابعاد [۲۵ ۲۵] و واریانس ۲۲ استفاده شده است. با اعمال فیلتر گوسی دو بعدی همان طور که مشخص است کانی‌های تبخیری نمایان تر نسبت به مابقی کانی‌ها می‌شود ، و در آخر با اعمال یک آستانه^{۸۶} مناسب کانی‌های تبخیری بطور قابل قبولی از تصاویر

⁸⁶ Threshold

استخراج شده‌اند. در شکل ۳-۱۹ اعمال کامل الگوریتم قبل از عملیات پس‌پردازش بر روی یک تصویر نمونه نشان داده شده است.



(ب)

(الف)

شکل. اعمال فیلتر گوسی، الف) تصویر اولیه، ب) تصویر

خروجی بعد از اعمال آستانه مناسب.

عملیات پس‌پردازش

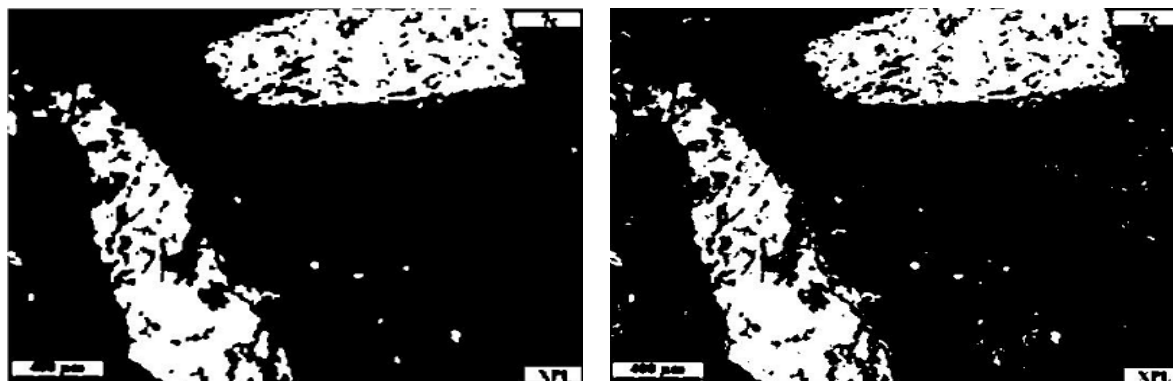
با توجه به شکل ۳-۱۷ وجود پیکسل‌های زاید به عنوان کانی‌های تبخیری یکی از خطاهای موجود در الگوریتم پیشنهادی است که برای بهبود این امر از تکنیک‌های شکل‌شناسی^{۸۷} از قبیل بازکردن^{۸۸} و بستن^{۸۹} استفاده شده است. همچنین با توجه کم اهمیت بودن اجزای به هم پیوسته^{۹۰} کمتر از ۵۰۰ پیکسل آنها را حذف نموده‌ایم. در شکل ۳-۲۰ تأثیر عملیات پس‌پردازش بر روی تصویر باینری خروجی از عملیات آستانه‌گذاری نشان داده شده است.

⁸⁷ morphology

⁸⁸ opening

⁸⁹ closing

⁹⁰ Connected component



(ب)

(الف)

شکل ۳۹-Error! No text of specified style in document. اعمال عملیات پس پردازش بر روی تصاویر، الف)

تصویر خروجی بعد از اعمال آستانه گذاری ، ب) تصویر خروجی نهایی بعد از عملیات پس پردازش.

همانطور که در شکل ۳-۲۰ (ب) مشخص شده است اجزای کوچکتري که به عنوان پیکسل‌های تبخیری شناخته شده بودند بعد از عملیات پس پردازش حذف شده‌اند و تصاویر حاصله از لحاظ کیفی بهبود یافته‌اند.

بخش‌بندی کانی‌ها از تصویر پس زمینه

برای تخمین مساحت نسبی کانی‌های تبخیری در تصویر ورودی، علاوه بر تشخیص سنگ‌های تبخیری جداسازی مابقی کانی‌ها از پس‌زمینه^{۹۱} نیز حایز اهمیت است. بدین منظور از فیلتر گابور جهت جداسازی کانی‌های از پس‌زمینه استفاده شده است.

⁹¹ background

بخش‌بندی با فیلتر گابور

در این قسمت انتخاب فاکتورهای بهینه برای بهترین بخش‌بندی پرداخته شده است. ابتدا با تغییر یک فاکتور و ثابت نگه داشتن مابقی فاکتورها میزان تاثیر هر فاکتور فیلتر گابور در بخش بندی تصاویر در فضای خاکستری مربوطه مورد بررسی قرار گرفته شده است .

در بانک فیلتر گابور پارامترهای ابعاد پنجره فیلتر، زاویه فیلتر^{۹۲}، مقیاس^{۹۳}، اپسیلن^{۹۴} و مرکز فیلتر در فضای دو بعدی اهمیت دارد. در ابتدا با تغییر یک فاکتور با فرض ثابت بودن مابقی فاکتورها به بررسی میزان تأثیر آن فاکتور پرداخته می‌شود.

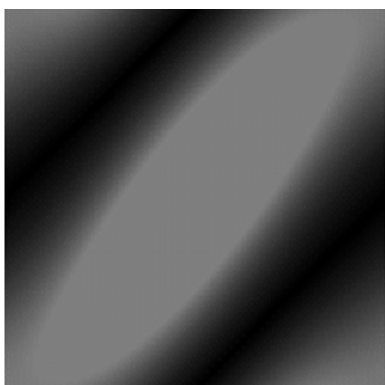
لذا با ثابت نگه داشتن پارامترهای زاویه فیلتر، مقیاس، اپسیلن، مرکز فیلتر در فضای دو بعدی به تاثیر پارامتر اندازه پنجره پرداخته شده است. ابعاد اولیه پنجره فیلتر را 50×50 در نظر گرفته و تا ابعاد 1000×1000 با قدم‌ها ۵۰ تایی تغییر داده شده است. همچنین پارامترهای زاویه فیلتر با مقدار 0° ، مقیاس با مقدار ۱، اپسیلن با مقدار ۰.۱ و به مرکز $[0/1 \ 0/1]$ ثابت فرض شده‌اند. با مشاهده تصاویر خروجی فیلتر مشخص شده است که هیچ تغییری با ابعاد مختلف فیلتر در تصاویر خروجی دیده نمی‌شود. لذا فاکتور ابعاد پنجره جز فاکتورهای بی تاثیر در نظر گرفته شده است.

برای بررسی میزان تاثیر پارامتر زاویه در چهار جهت اصلی $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ با ثابت نگه‌داشتن مابقی پارامترها، به بررسی تاثیر این پارامتر پرداخته شده. شکل ۳-۲۱ تصاویر فیلترهای مربوطه را در فضای فرکانسی نشان داده است.

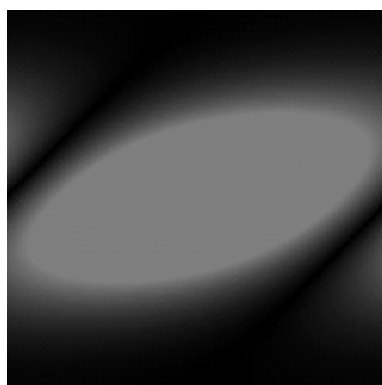
⁹² Gabor angle

⁹³ Scale

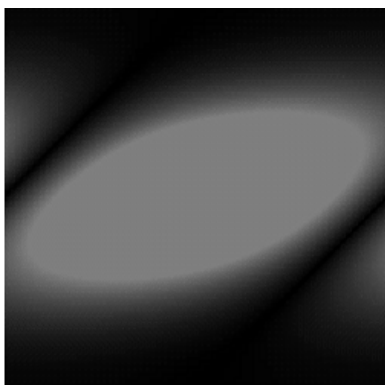
⁹⁴ Epsilon



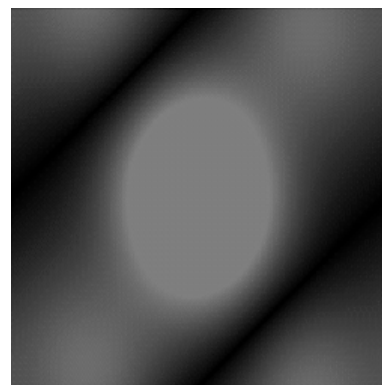
(ب)



(الف)



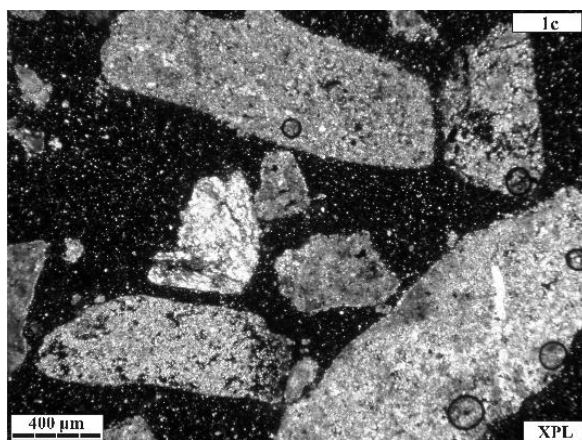
(ت)



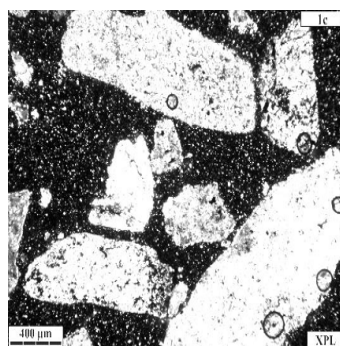
(پ)

شکل. Error! No text of specified style in document. ۴۰- فیلترهای گابور اعمال شده بر تصاویر با ابعاد پنجره 50×50 ، مقیاس ۱، اپسیلن 0.1 ، مرکز $[0.1 \ 0.1 \ 0.1]$ (الف) زاویه 0° ، (ب) زاویه 45° ، (پ) زاویه 90° ، (ت) زاویه 135° .

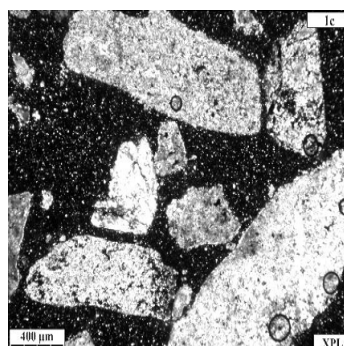
با اعمال فیلترهای مشخص شده در شکل ۳-۲۱ تصاویر شکل ۳-۲۲ حاصل شده است.



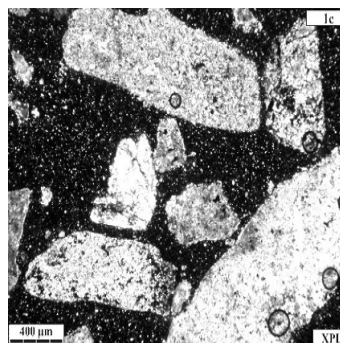
(الف)



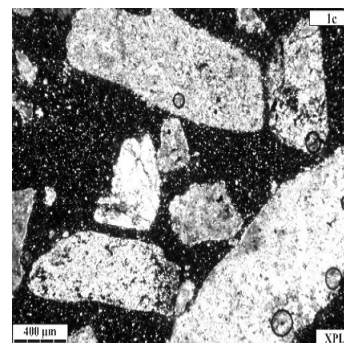
(پ)



(ب)



(ث)



(ت)

شکل. Error! No text of specified style in document. ۴۱ تصاویر خروجی فیلتر با ابعاد پنجره ۵۰×۵۰، مقیاس ۱،

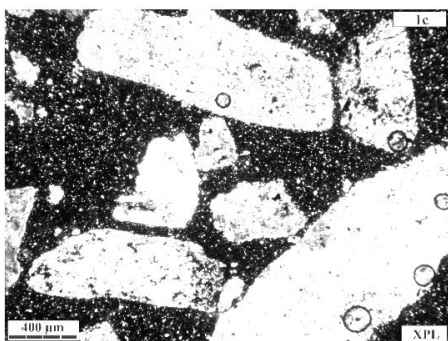
اپسیلن ۰/۱، مرکز [۰/۱ ۰/۱] (الف) تصویر خاکستری اولیه، (ب) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با زاویه ۰°، (پ)

تصویر خاکستری خروجی فیلتر با زاویه 45° ، ت) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با زاویه 90° ، ث) تصویر

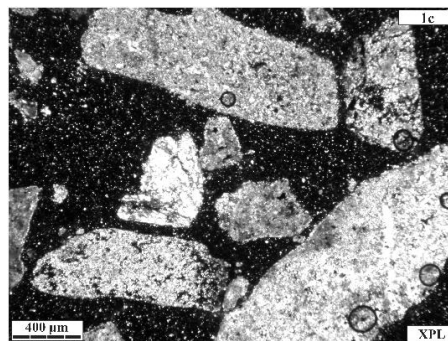
خاکستری خروجی فیلتر با زاویه 135° .

با توجه به تصاویر خروجی با تغییر زاویه، تغییری نه چندان محسوسی در تصاویر مشاهده نمی‌شود. در همچنین پس‌زمینه هم تغییر محسوسی دیده نمی‌شود. تنها اندک تغییری در زاویه 45° مشاهده می‌شود؛ بطوری که میزان روشنایی کانی‌ها نسبت به تصویر اصلی کمی بیشتر شده است؛ ولی به تنهایی برای جداسازی از تصویر پس‌زمینه پارامتر قابل اعتمادی نخواهد بود.

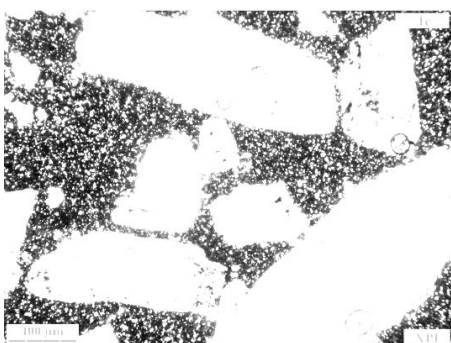
در بررسی پارامتر مقیاس با ثابت نگهداشتن مابقی پارامترها این پارامتر تغییر داده شده. همچنین مابقی پارامتر با اندازه‌های به ابعاد پنجره 50×50 ، زاویه 0° ، اپسیلن $0/1$ ، مرکز $[0/1 \ 0/1]$ ثابت مانده است. با توجه به تأثیر محسوس پارامتر مقیاس بر تصویر خروجی این پارامتر از $0/5$ تا 6 با گام‌های $0/5$ تغییر داده؛ تا میزان تأثیر آن بر تصویر اولیه خاکستری مشخص شود. تأثیر شش فیلتر با تغییر پارامتر مقیاس از $0/5$ تا 3 با گام‌های $0/5$ بر تصویر اولیه $3-22$ (الف) در شکل $3-23$ نمایش داده شده است.



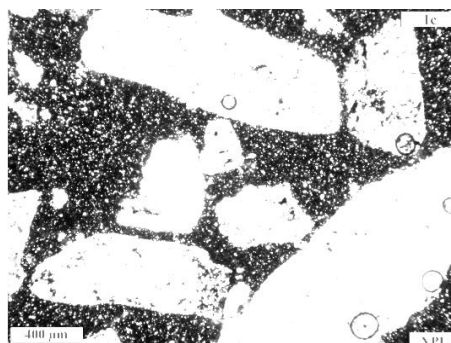
(ب)



(الف)



(ت)



(پ)



(ج)



(ث)

شکل ۴۲-Error! No text of specified style in document. تصاویر خروجی فیلتر با ابعاد پنجره 50×50 ، با زاویه

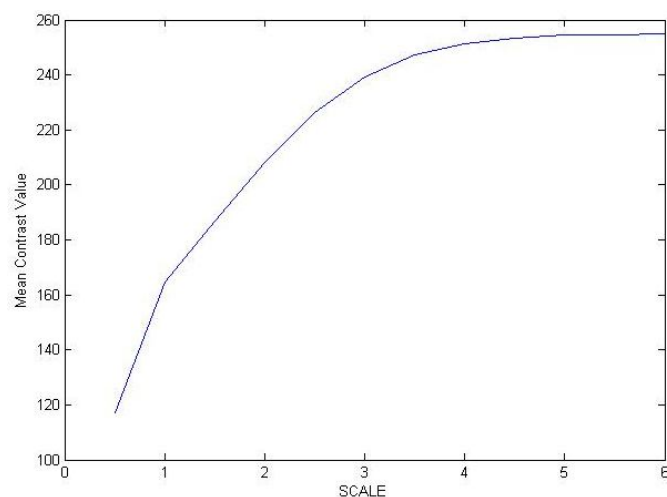
0° ، اپسیلن $0/1$ ، مرکز $[0/1 \ 0/1]$ ، الف) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با مقیاس $0/5$ ، ب) تصویر خاکستری

خروجی فیلتر با مقیاس 1 ، پ) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با مقیاس $1/5$ ، ت) تصویر خاکستری خروجی

فیلتر با مقیاس ۲، ث) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با مقیاس ۲/۵، ج) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با

مقیاس ۳.

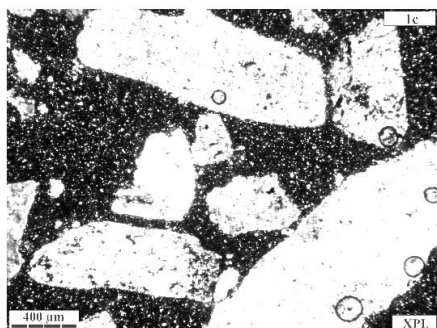
همانطور که در شکل ۳-۲۳ مشاهده می‌شود، با افزایش مقیاس از ۰/۵، روشنایی تصاویر خروجی فیلتر بیشتر شده است. بطوری که تأثیر فیلتر با مقیاس ۰/۵ آنچنان محسوس نیست ولی در مقیاس ۱ در شکل ۳-۲۳(ب) سنگ‌ها نسبت به مقیاس ۰/۵ دارای روشنایی بسیار بالاتری هستند و پس‌زمینه نیز مقداری روشن‌تر شده است. همچنان در شکل ۳-۲۳(پ) که فیلتر دارای مقیاس ۱/۵ است این تأثیر محسوس‌تر بوده است بطوری که خرده سنگ‌ها روشنایی بالاتر نسبت به حالت قبل پیدا کرده‌اند. این عملکرد همچنان با افزایش پارامتر مقیاس ادامه پیدا خواهد کرد. اما همانطور که در شکل ۳-۲۳(ج) نشان داده شده است در مقیاس ۳ داخل خرده سنگ‌ها کاملاً سفید است و میزان بیشترین روشنایی را دارد ولی تصویر پس‌زمینه نیز در حال روشن‌تر شدن است، بطوری که با افزایش بیشتر هم تصویر پس‌زمینه و هم خرده سنگ‌ها سفید دارای بیشترین روشنایی خواهند بود و میزان میانگین روشنایی پیکسل‌ها در مقیاس ۶ تقریباً برابر با ۲۵۰ خواهد بود. در شکل ۳-۲۴ میانگین روشنایی تصویر در هر مقیاس نشان داده شده است.



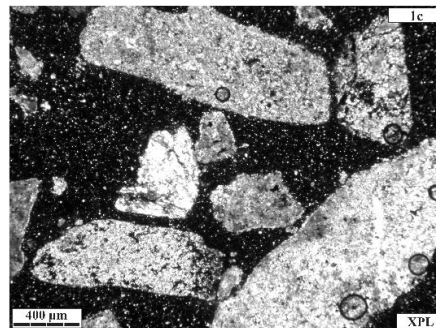
شکل ۴۳-Error! No text of specified style in document. تغییرات میانگین روشنایی در تغییر مقیاس از ۰/۵ تا

۶.

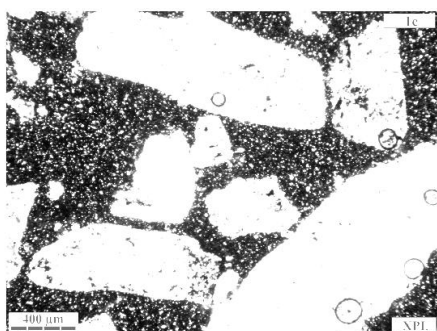
آخرین پارامتر تعیین کننده میزان تغییرات اپسیلن است که با ثابت نگهداشتن پارامترهای ابعاد پنجره 50×50 ، زاویه 0° ، مقیاس $1/5$ ، مرکز $[0/1 \ 0/1]$ مورد بررسی قرار گرفته است. پارامتر اپسیلن از 0.01 تا 22 با گام 3 تغییر یافته است. در شکل ۳-۲۵ میزان تأثیر این پارامتر بر تصویر اولیه ۳-۲۲ (الف) که مورد بررسی قرار گرفته، نشان داده شده است.



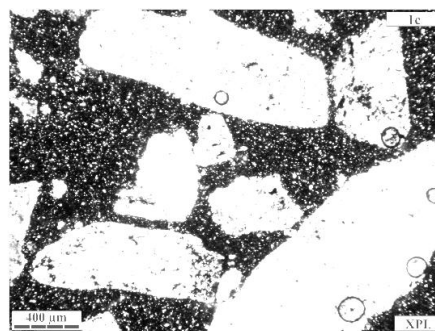
(ب)



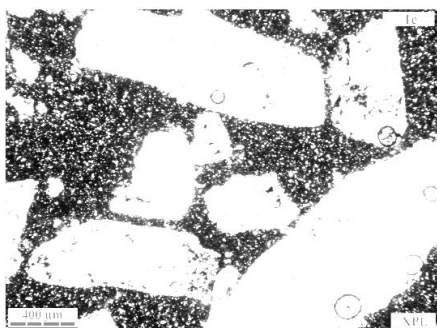
(الف)



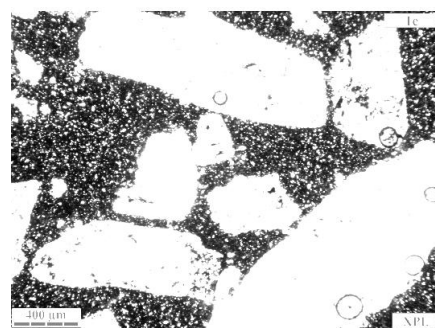
(ت)



(پ)



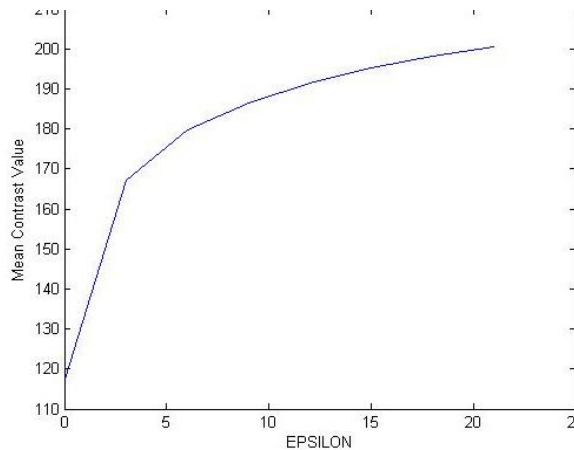
(ج)



(ث)

شکل Error! No text of specified style in document. ۴۴ تصاویر خروجی فیلتر با ابعاد پنجره 50×50 ، با زاویه 0° ، مقیاس ۵، مرکز $[0/10/10]$ ، الف) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با اپسیلن $0/01$ ، ب) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با اپسیلن ۳، پ) تصویر خاکستری خروجی فیلتر ب اپسیلن ۶، ت) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با اپسیلن ۹، ث) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با اپسیلن ۱۲، ج) تصویر خاکستری خروجی فیلتر با اپسیلن ۱۵

با مشاهده تصاویر شکل ۳-۲۵ واضح است که با افزایش میزان اپسیلن خرده کانی‌ها در تصاویر روشن‌تر می‌شود و قابلیت تفکیک کانی‌ها از تصویر پس‌زمینه بیشتر می‌شود. میزان تغییر بر میانگین روشنایی در تصاویر خروجی در شکل ۳-۲۶ نمایش داده شده؛ که با افزایش اپسیلن این میانگین به سمت سطح روشنایی ۲۵۵ می‌رود.



شکل ۴۵- تغییرات میانگین روشنایی در اثر تغییر اپسیلن از ۳ تا

۲۱.

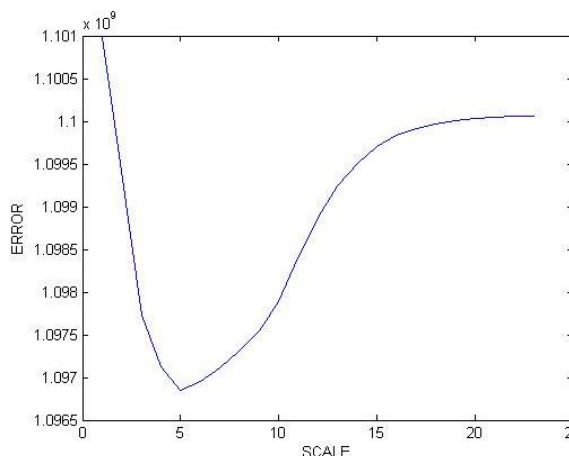
با توجه به تأثیر هر پارامتر بر تصاویر ورودی، معلوم می‌شود که پارامترهای اندازه پنجره و زاویه جزء پارامترهای تقریباً بی‌تأثیر؛ در صورتی که پارامترهای مقیاس و اپسیلن از پارامترهای مهم در کمک به جداسازی برای بخش‌بندی هستند.

تخمین بهینه پارامترهای فیلتر گابریل به منظور بهترین بخش‌بندی از پس‌زمینه

پیشتر مشخص شد که دو پارامتر مقیاس و اپسیلن بیشترین تأثیر را بر تصاویر اولیه دارا هستند. بدین منظور برای محاسبه این دو ضریب و به منظور تخمین پارامتر بهینه، ابتدا تصاویر کانی‌ها بصورت دستی بخش‌بندی شده است. با تغییر میزان پارامتر مقیاس و ثابت فرض کردن پارامترهای اندازه پنجره برابر با 50×50 ، زاویه صفر درجه، اپسیلن ۱ و مرکز فیلتر $[0/1, 0/1]$ و تغییر پارامتر از $0/5$ تا 6 میزان خطا نسبت به تصویر بخش‌بندی شده محاسبه شده است. این خطا به صورت مجموع تفاضل پیکسل‌های تصویر باینری خروجی از تصویر باینری بخش‌بندی شده محاسبه شده است. همچنین در تصاویر خروجی از فیلتر و تصاویر بخش‌بندی شده بصورت دستی، عملیات بازکردن^{۹۵} با اندازه عنصر سازنده^{۹۶} ۱۲ و

^{۹۵} Opening

عملیات بستن^{۹۷} بر روی تصاویر انجام شده است. و در آخر اجزای به هم پیوسته^{۹۸} در تصویر با اندازه کمتر از ۱۰۰۰۰ پیکسل حذف شده است. به منظور عملیات آستانه گذاری تصویر خروجی فیلتر ، تنها پیکسل-هایی که میزان روشنایی آنها ۲۵۵ است در نظر گرفته شد. تغییرات خطا نسبت به تغییر پارامتر مقیاس در شکل ۳-۲۷ نمایش داده شده است.



شکل ۳-۲۷ تغییرات اندازه خطا نسبت به تغییر پارامتر مقیاس.

با توجه به شکل ۲۷ میزان خطا از مقیاس ۱ به ۵ با شیب زیادی رو به کاهش است. بطوری که میزان خطا در مقیاس ۵ به کمترین حد خود رسیده است و با افزایش مجدد مقیاس این خطا دوباره افزایش یافته است. با انتخاب پارامتر مقیاس با اندازه ۵ به عنوان پارامتر بهینه و اندازه پنجره برابر با 50×50 ، زاویه صفر درجه، اپسیلن ۱ و مرکز فیلتر $[0/1, 0/1]$ فیلتر گابریل برای بخش‌بندی طراحی شد. بر روی تصاویر خروجی از فیلتر مورد نظر عملیات پس پردازش صورت گرفت. این عملیات شامل بازکردن با اندازه عنصر سازنده ۱۲ و بستن بوده است. در نهایت با توجه به کم اهمیت بودن اجزای بهم پیوسته کمتر از ۱۰۰۰۰

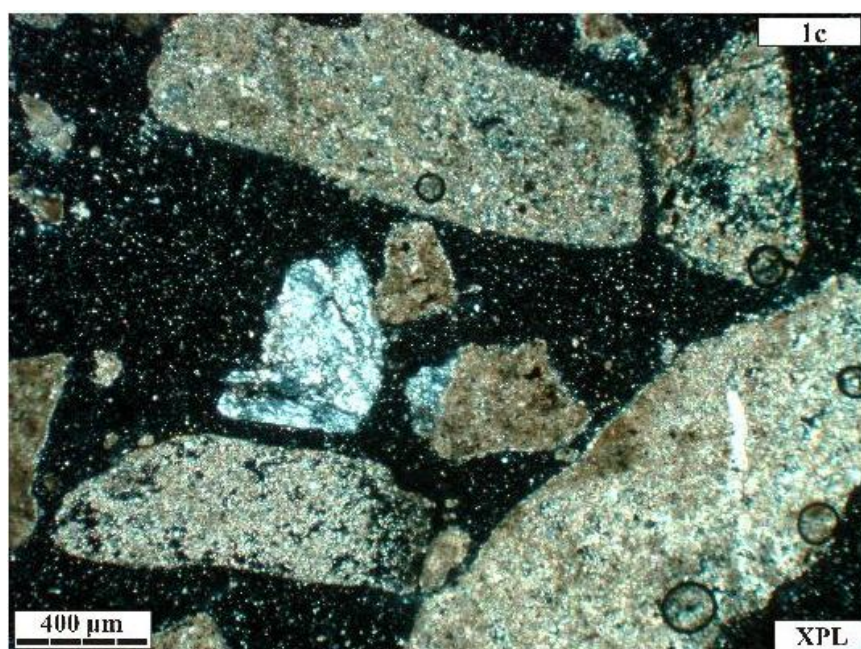
⁹⁶ Structure element

⁹⁷ Closing

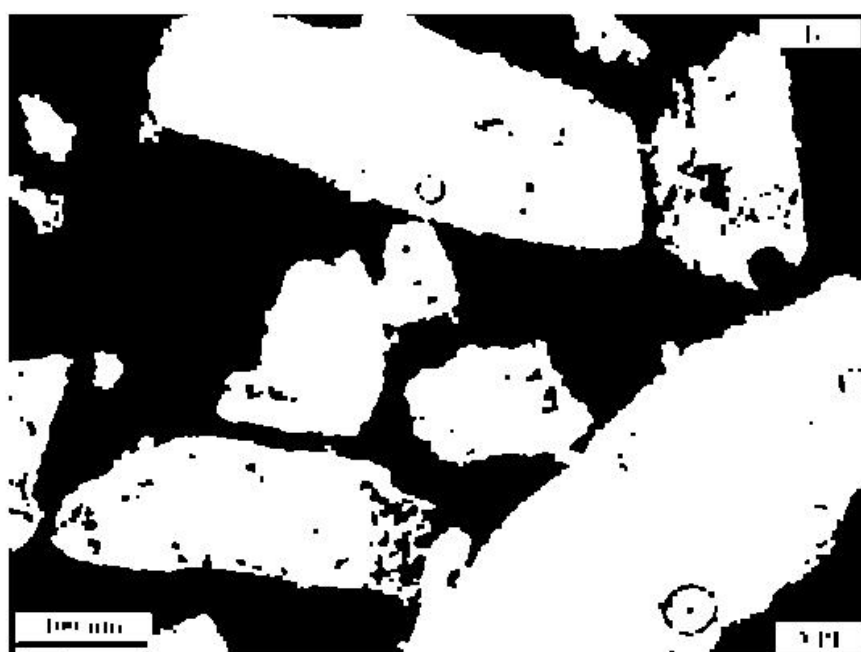
⁹⁸ Connected component

پیکسل، این اجزا حذف شد. نمونه‌ای از عملیات بخش‌بندی بصورت کامل در دو تصویر نمونه در شکل ۳-۳-

۲۸ و ۲۹-۳ نمایش داده شده است.



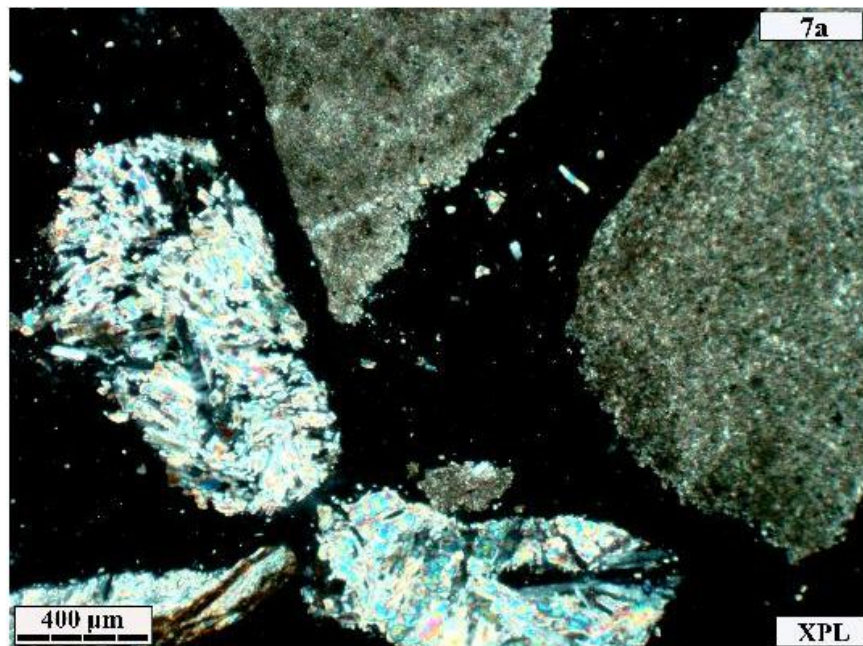
(الف)



(ب)

شکل. Error! No text of specified style in document. ۴۷ اعمال کامل الگوریتم بخش‌بندی بر روی تصویر نمونه،

الف) قبل از بخش‌بندی، ب) تصویر بخش‌بندی شده را نشان می‌دهد.



(الف)



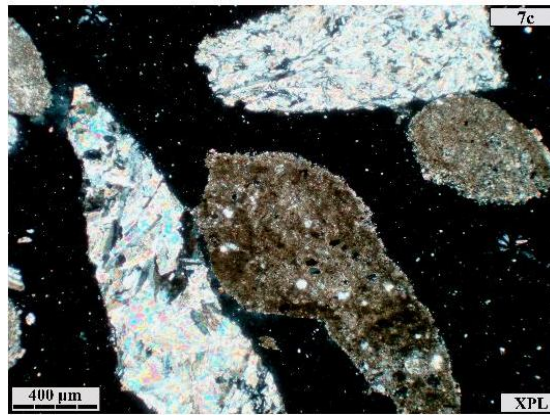
(ب)

شکل. Error! No text of specified style in document. ۴۸ اعمال کامل الگوریتم بخش‌بندی بر روی تصویر نمونه،

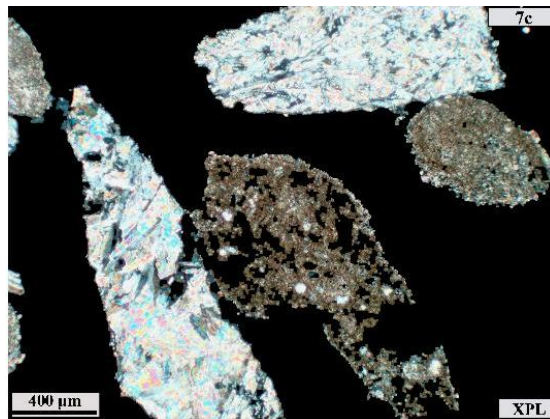
الف) قبل از بخش‌بندی، ب) تصویر بخش‌بندی شده را نشان می‌دهد.

تخمین نسبت کانی‌های تبخیری به کانی‌های غیر تبخیری

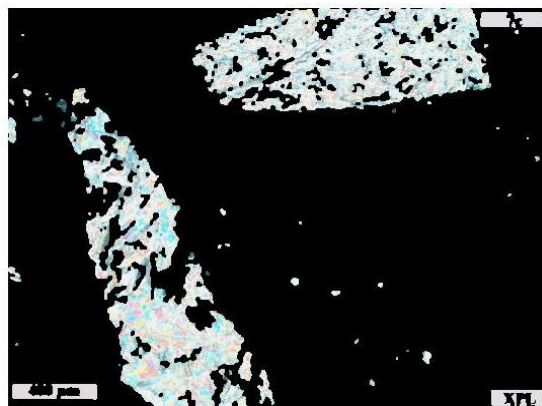
با توجه به اهمیت میزان نسبت کانی‌های تبخیری به غیر تبخیری، بیان این نسبت از روی تصاویر می‌تواند کمک شایانی در کمک به زمین‌شناس سرچاه داشته باشد. بدین صورت که با کم شدن این نسبت هشداری به منظور نزدیک شدن به سازند آسماری خواهد بود. با اعمال دو الگوریتم بخش‌بندی از پس زمینه، تخمین تعداد پیکسل‌های متعلق به کانی‌ها و الگوریتم شناسایی کانی‌های تبخیری و تعداد پیکسل‌های تبخیری می‌توان نسبت کانی‌های تبخیری به غیر تبخیری را تخمین زد. در شکل ۳-۳۰ و ۳-۳۱ اجرای کامل دو الگوریتم مذکور و تخمین نسبت کانی‌های تبخیری به غیر تبخیری نمایش داده شده است.



(الف)



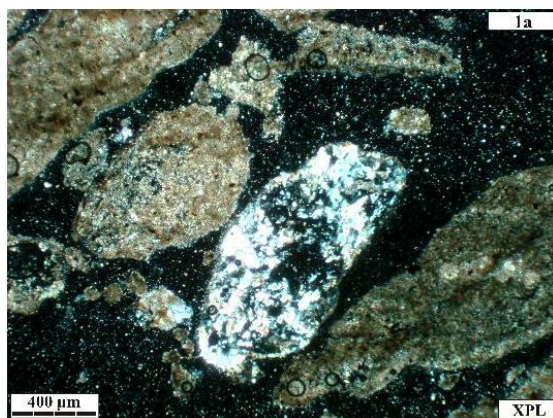
(ب)



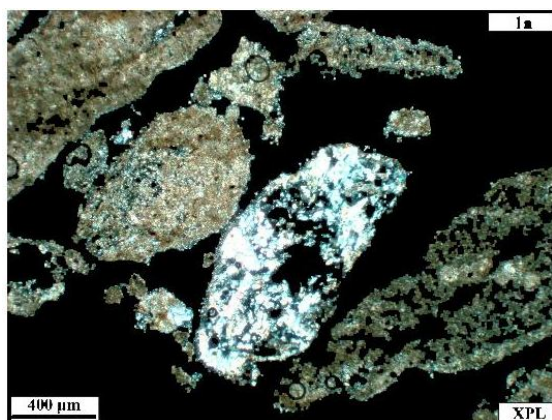
(پ)

شکل. Error! No text of specified style in document. ۴۹ تخمین میزان نسبت کانی‌های تبخیری به غیر

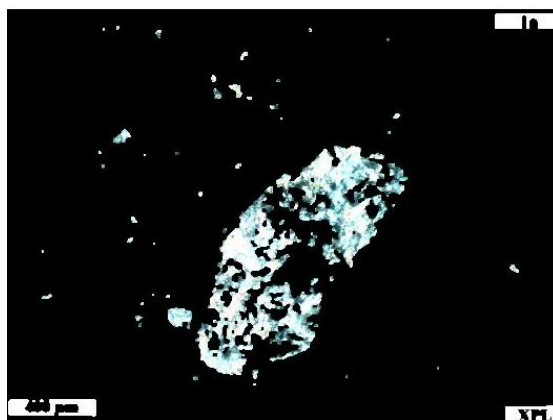
تبخیری، الف) تصویر اولیه، ب) تصویر بخش‌بندی شده، پ) تصویر حاوی پیکسل‌های تبخیری



(الف)



(ب)

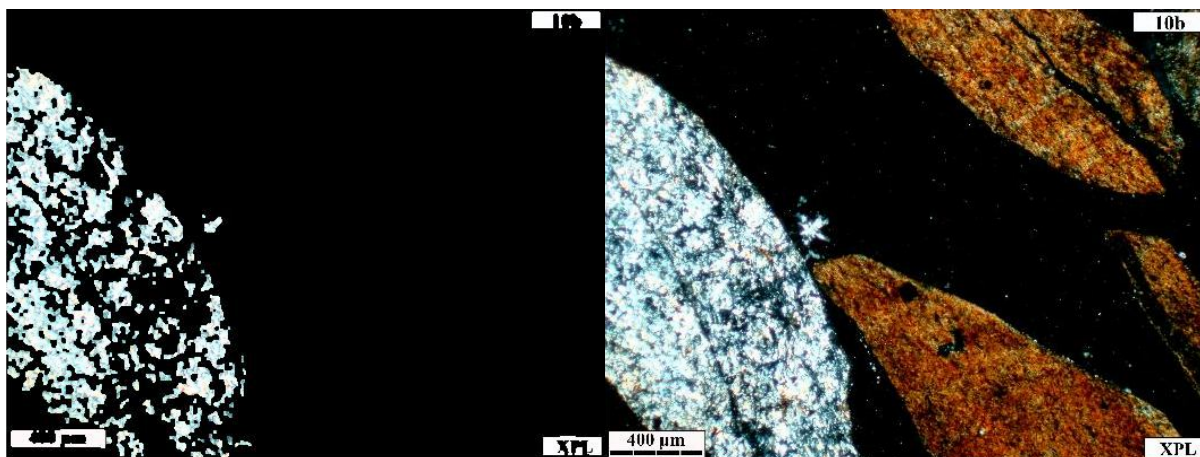


(پ)

شکل ۵۰-Error! No text of specified style in document. تخمین میزان نسبت کانی‌های تبخیری به غیر

تبخیری، الف) تصویر اولیه، ب) تصویر بخش‌بندی شده، پ) تصویر حاوی پیکسل‌های تبخیری

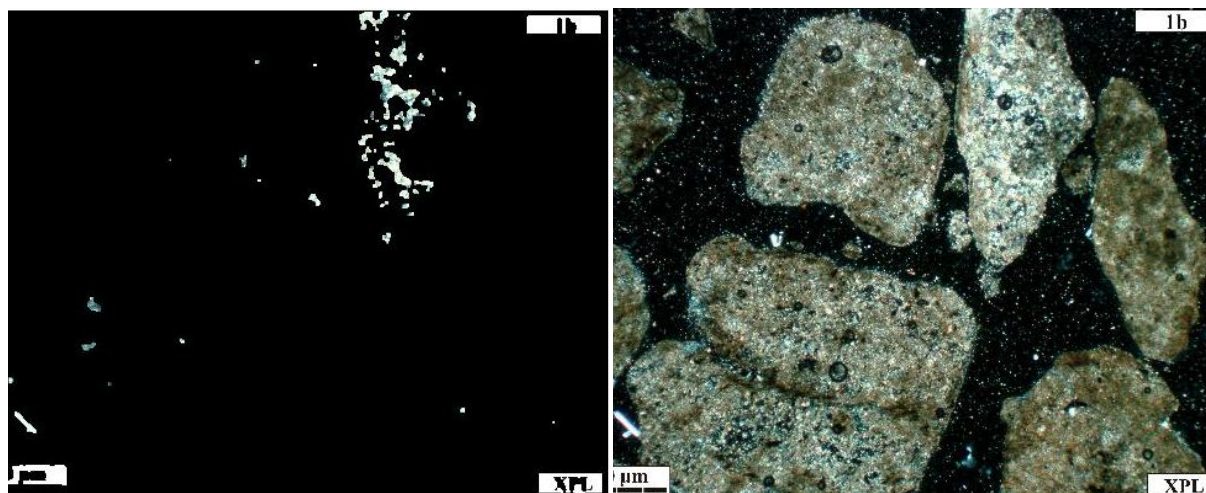
در شکل ۳۰-۳ درصد تخمین زده شده برابر است با ۳۸/۳٪. همچنین در شکل ۳۱-۳ این میزان برابر است با ۱۷/۲۷٪ که با توجه به تصاویر مقادیر تخمین زده شده و همچنین تصاویر خروجی قابل قبول بوده است. میانگین سرعت پاسخ‌گویی برای هر عکس در الگوریتم فوق تقریباً برابر ۴۲ ثانیه بوده است که این زمان سرعت پاسخ‌گویی بالای این الگوریتم را نشان می‌دهد. ولی الگوریتم فوق در جاهایی که کانی‌های تبخیری دارای شکستگی هستند، ضعیف عمل می‌کند. بطوری که تشخیص پیکسل‌های لبه مرز به علت تغییر رنگ، دیگر واجد شرایط مطرح شده برای کاندید شدن به عنوان پیکسل‌های تبخیری نخواهند بود. نمونه ای از این تصاویر در شکل ۳۲-۳ نمایش داده شده است.



شکل ۵۱-Error! No text of specified style in document. ضعف الگوریتم در تشخیص پیکسل‌های تبخیری در

خرده سنگهایی با شکستگی زیاد.

همچنین برخی پیکسل‌های متعلق به کانی‌های غیر تبخیری به دلیل قرار گرفتن در شرایط تعیین شده به اشتباه به عنوان پیکسل تبخیری در برخی عکسها تعیین شده است. نمونه‌ایی از این تصاویر در شکل ۳-۳۳ نمایش داده شده است.



شکل ۳۳-Error! No text of specified style in document. ۵۲ ضعف الگوریتم در تشخیص پیکسل‌های کانی‌های غیر

تبخیری به عنوان پیکسل تبخیری به علت یکسان بودن شرایط رنگ تعیین شده در دو نوع کانی.

با توجه به ضعف‌های بیان شده از آنجا که تعداد پیکسل‌هایی که به اشتباه تشخیص داده شده‌اند، در مقابل مابقی پیکسل‌ها ناچیز است، این میزان خطا قابل قبول است و عملکرد و دقت سیستم قابل اعتماد برای کمک به افزایش یا کاهش میزان تقریبی سنگ‌های تبخیری در تصاویر میکروسکوپی است.

فصل چہارم

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این فصل ضمن بیان خلاصه‌ای از مطالب فصول گذشته، به بحث و بررسی نتایج بدست آمده از پژوهش انجام شده برای هر بخش ذکر شده است. در انتها به پیشنهاداتی برای بهبود نتایج در کارهای آتی پرداخته شده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در نخست به بیان اهمیت و ضرورت تحقیق بصورت خلاصه پرداخته شده است و در ادامه به بیان خلاصه‌ای از الگوریتم‌ها پرداخته شده است. و در انتها به بررسی و عملکرد نتایج پرداخته شده است.

مقدمه

یکی از مخاطرات حفاری چاه‌های نفتی در ایران، عبور از سازندهای پُرفشار به کم‌فشار و یا بالعکس است که در مرزهای گذار می‌بایست بتن‌گذاری دیواره انجام شده و سپس حفاری با فشار گِل متناسب با فشار سازندی ادامه پیدا کند. به این منظور زمین‌شناسان خبره سرچاه، خرده‌های حفاری را مطالعه کرده و بدین ترتیب نوع سازند را تشخیص می‌دهند. یکی از مرزهای سازندی حساس در چاه‌های نفتی ایران، شناسایی مرز سازندهای گچساران و آسماری است. بطور کلی اهمیت شناسایی این دو سازند از دو جهت حائز اهمیت است: یکی از جهت نوع گل حفاری مورد استفاده قرار گرفته و دیگری نوع مته حفاری است. با توجه به متوقف ساختن عملیات حفاری در یکی از لایه‌های کلیدی (A, B, C, D) موجود در عضو اولسازند گچساران، شناسایی و طبقه‌بندی این لایه‌های کلیدی از یکدیگر و همچنین از لایه فوقانی آسماری به منظور متوقف کردن عملیات حفاری و انجام عملیات بتن‌گذاری، از اهمیت فراوانی برخوردار است بطوری که اشتباه در شناسایی آنها باعث از بین رفتن چاه و ضررهای مالی فراوانی خواهد شد. برای شناسایی دو سازند ذکر شده و توقف عملیات حفاری، زمین‌شناس مجرب سر چاه با استفاده از اطلاعات

داده‌های چاه‌های اطراف و آنالیز ماکروسکپی و همچنین با تهیه مقاطع نازک از خرده‌های حفاری و آنالیز میکروسکپی خرده‌های به شناسایی و طبقه‌بندی دو سازند مذکور می‌پردازد. هدف از این تحقیق طبقه‌بندی عضوهای مختلف سازند گچساران از آسماری از روی تصاویر خرده‌های حفاری بصورت اتوماتیک می‌باشد.

آنالیز ماکروسکپی و میکروسکپی

با توجه به اهمیت آنالیز ماکروسکپی و میکروسکپی سعی شده است برای هر دو مورد آنالیزهای مربوط انجام شود و در انتها نتایج حاصل با نتایج پیش‌بینی شده توسط متخصص مقایسه شود.

در آنالیز ماکروسکپی ابتدا خرده‌های حفاری بر روی تصویر پس‌زمینه ریخته شده و عملیات عکس-برداری در شرایط یکسان برای هر یک از لایه‌های مورد مطالعه انجام شده است. هدف از آنالیز ماکروسکپی طبقه‌بندی لایه چهار لایه کلیدی (A, B, C, D) سازند گچساران از لایه فوقانی آسماری می‌باشد. برای آنالیز ماکروسکپی دو روش آنالیز رنگ و آنالیز بافت انجام شده است. در روش آنالیز رنگ ابتدا هر تصویر به پنجره‌های کوچکتری تقسیم شده است، بطوری که هر تصویر به ۲۵ پنجره منجر شده است و آنالیز بر روی هر یک از این پنجره‌ها صورت گرفته است. برای هر پنجره پیکسل‌ها به فضایی رنگی سه بعدی قرمز، سبز و آبی برده شده و با استفاده از روش FCM به دو خوشه بخش‌بندی شده‌اند. میانگین و ماتریس پراکندگی دو خوشه تشکیل بردار ویژگی ۲۵ بعدی را برای این آنالیز داده است. طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان با توابع کرنلی متفاوت، به عنوان طبقه‌بند پیشنهادی با توجه به تعداد کم داده‌های آموزش و آزمایش که برابر ۱۲۵ عدد هستند، در نظر گرفته شده است. نتایج حاصل از این الگوریتم نشان می‌دهد که جداسازی سه لایه (A, B, C) توسط هر چهار تابع کرنل موفقیت آمیز بوده بطوری که قادر به جداسازی این سه لایه با دقت ۱۰۰٪ بوده است. اما برای جداسازی لایه کلیدی D و آسماری فوقانی این عملکرد برای توابع مختلف نتایج متفاوتی داشته است. بطوری که تابع POLYNOMIAL درجه سه بهترین طبقه‌بند برای جداسازی بین این دو لایه با میزان تقریبی ۷۰٪ بوده است و توابع QUADRATIC و RBF عملکردی تقریباً برابر ۶۴٪ و ۵۲٪ داشته‌اند. در این میان تابع خطی ضعیف‌ترین عملکرد را با دقت تقریبی ۳۰٪ دارد. با توجه به اهمیت جداسازی دو لایه مرزی D و آسماری فوقانی، این الگوریتم بر روی

داده‌های چاه دیگری تنها بین دو لایه مذکور آزمایش شده است. تابع خطی بر خلاف جداسازی چند کلاسه در جداسازی این دو کلاس بهترین عملکرد که تقریباً برابر ۸۷.۵٪ را داشته است. همچنین تقریب زمانی برابر ۳ ثانیه برای تشخیص هر پنجره داشته است؛ که این میزان عملکرد و این سرعت پاسخ‌گویی می‌تواند کمک شایانی به تصمیم‌گیری زمین‌شناس سرچاه بنماید.

با توجه به امکان تغییرات رنگی از یک چاه به چاه دیگر، و یا چاهی در حوضه نفتی دیگر نیاز به آنالیزی که ایزوله از پارامترهای رنگ باشد، محسوس است. بدین منظور آنالیز بافت برای این کار در نظر گرفته شده است. در آنالیز بافت نیز همانند آنالیز رنگ هر تصویر به پنجره‌های کوچکتری تقسیم می‌شود. برای هر پنجره ماتریس GLCM استخراج می‌شود. از هر ماتریس GLCM چهار ویژگی روشنایی، همبستگی، انرژی و همجنسی در چهار جهت $\theta = \{0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ\}$ استخراج شده است. این ویژگی بصورت بردار ویژگی ۱۶ بعدی به طبقه‌بند ماشین بردار پشتیبان همانند آنالیز بافت برای آموزش و آزمایش داده شده است. نتایج ماتریس سردرگمی حاصل نشان می‌دهد جداسازی سه لایه A، B، C برای هر چهار تابع جداساز تقریباً یکسان است. اما در جداسازی دو لایه D و آسماری فوقانی با تابع درجه دوم و تابع چند جمله‌ای درجه سوم عملکرد سیستم تقریباً برابر با ۵۲٪ است. در صورتی که با تابع پایه شعاعی این میزان به ۷۲٪ افزایش یافته است و جواب قابل قبول بوده است. لذا می‌توان گفت که عملکرد توابع خطی و پایه شعاعی در جداسازی این پنج لایه موفق‌آمیزتر از دو تابع دیگر است. همچنین نتایج حاصل نشان می‌دهد آنالیز رنگ عملکرد بهتری نسبت به آنالیز بافت داشته است. ولی با توجه به اهمیت تعمیم آنالیز انجام شده به چاه‌های دیگر امکان تغییر رنگ در نمونه‌ها ممکن است با تغییر چاه و حوضه نفتی صورت گیرد؛ که در این صورت می‌توان به آنالیز بافت برای تعمیم مورد نظر اتکا نمود. همچنین همانند آنالیز رنگ، الگوریتم بافت نیز به تنهایی بر روی دو لایه مرزی سازند گچساران و آسماری آزمایش شده است. نتایج این جداسازی نشان می‌دهد که تابع خطی بهترین عملکرد را در میان مابقی توابع دارد؛ که این عملکرد دارای دقت تقریبی ۹۵٪ است و که نسبت به آنالیز رنگ ۸٪ بهبود حاصل شده است. همچنین مدت زمان

پاسخ گویی به هر پنجره به مقدار زیادی نسبت به آنالیز رنگ بهبود یافته است؛ بطوری که زمان محاسبه شده در الگوریتم بافت برابر $0/39$ ثانیه است؛ در صورتی که در الگوریتم رنگ تقریباً 3 ثانیه بود و این نشانگر $2/6$ ثانیه بهبود است، ولی در جداسازی پنج لایه همانطور که نتایج نشان می دهد الگوریتم آنالیز رنگ عملکرد موفق تری در جداسازی داشته است.

در آنالیز میکروسکپی، با توجه به اینکه در سازند گچساران کانی‌های تبخیری زیپس و انیدریت، عامل مهمی در تبخیری بودن در حوضه فروافتادگی دزفول شناسایی شده‌اند، شناسایی و تخمین این کانی‌ها نسبت به کانی‌های تخریبی از روی تصاویر میکروسکپی می‌تواند کمک شایانی به زمین‌شناس حاضر بر سر چاه داشته باشد. بدین منظور از روی تصاویر میکروسکپی ابتدا پیکسل‌های متعلق به کانی‌های تبخیری تشخیص داده می‌شود و در ادامه به بخش‌بندی کانی‌های مذکور از تصویر پس‌زمینه پرداخته می‌شود.

برای تشخیص کانی‌های تبخیری ابتدا تمامی سنگهای تبخیری توسط متخصص از مابقی سنگها جدا شده و در یک گروه قرار داده شده است. سپس در فضای رنگ HSV، پیکسل‌های تبخیری در نظر گرفته شده‌اند. تنها با استفاده از کانال Hue و تخمین آن به دو منحنی گوسی با استفاده از روش GMM به استخراج میانگین و پراکندگی دو منحنی پرداخته شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که بر خلاف تصورات تجربی، میانگین‌های بدست آمده از این الگوریتم بیانگر این حقیقت است که، طیف رنگی کانی‌های تبخیری بیشتر حاوی رنگ آبی و رنگ قرمز روشن است؛ در صورتی که مشاهدات تجربی به بیان رنگ‌های قوس و قزهی در این رابطه بیان شده بود. آنگاه به استخراج پیکسل‌هایی با دارا بودن پرده رنگ با شرایط بالا پرداخته شد و در نهایت با استفاده از فیلتر گوسی دو بعدی، به استخراج کانی‌های تبخیری پرداخته شد. که با توجه به خاصیت کشیدگی این دانه‌ها، این روش مناسب برای این منظور بوده است. در عملیات پس‌پردازش و حذف قسمت‌های زائد، از تکنیک‌های شکل شناسی از قبیل عملگرهای بازکردن و بستن استفاده شد و همچنین با توجه به کم اهمیت بودن اجزای به هم پیوسته کمتر از 500 ، آنها را حذف

نمودیم. پس از انجام عملیات پس‌پردازش، تصویر نهایی خروجی که تنها شامل پیکسل‌های تبخیری است، حاصل شد.

برای جداسازی کانی‌ها از تصویر پس‌زمینه به منظور تخمین نسبت کانی‌های تبخیری به تخریبی‌ها عملیات بخش‌بندی با استفاده از فیلتر گابور انجام شد. در نتیجه با آزمایش مشخص شد که پارامتر مقیاس در فیلتر گابور بیشترین تاثیر را در جداسازی تصویر پس‌زمینه دارد. با تخمین بهینه مقدار مقیاس، به طراحی بهترین فیلتر گابور پرداخته شد. حال با تنظیم فیلتر با پارامترهای تحلیلی به بخش‌بندی کانی‌ها از تصویر پس‌زمینه پرداخته شده است.

برای تخمین میزان سنگ‌های تبخیری نسبت پیکسل‌های تبخیری به پیکسل‌های بخش‌بندی شده در نظر گرفته شد؛ که نتایج حاصله در مقایسه با نتایج ارائه شده توسط متخصص مطابقت خیلی خوبی داشته است.

پیشنهادهات

عواملی نظیر خستگی، بی‌دقتی و کم اطلاعی زمین‌شناس حاضر بر سرچاه می‌تواند یکی از مهمترین عوامل در اشتباهات حفاری چاه‌های نفتی و صرف هزینه‌های گزاف در چاه نفت شود. استفاده از تکنولوژی و علم پردازش‌های هوشمند در این زمینه در مراحل اولیه قرار دارد. بنابراین میدان برای مطالعه در این زمینه بطور کامل باز است. در طول این پژوهش به مسائل و مشکلاتی برخورد شد که می‌تواند برای گسترش و بهبود نتایج حاصله کمک شایانی در این زمینه داشته باشد. در این راستا تحقیقات در زمینه‌های زیر پیشنهاد می‌شود:

- استفاده از داده‌های چاه‌ها در حوضه‌های مختلف به منظور داشتن اطلاعات در سطح وسیعی برای آنالیز.

- آنالیز ماکروسکپی بر روی ابعاد، شکستگی‌ها، مرکز ثقل هر یک از خرده‌های حفاری بصورت مجزا.

- استفاده از طبقه‌بندهای دیگر در آنالیز ماکروسکوپی و همچنین ترکیب آنها به منظور بهبود عملکرد حاصل.
- عکسبرداری در فرکانس‌های غیر از فرکانس‌های قابل مشاهده و آنالیز در فرکانس‌های مختلف
- استفاده از روشی به منظور جداسازی بهتر پیکسل‌های تبخیری برای پوشش ضعف استخراج پیکسل‌های تبخیری در لبه مرزها.
- تلفیق دو روش میکروسکوپی و ماکروسکوپی برای طراحی سیستمی به منظور آنالیز همزمان دو تصویر فوق.

مراجع

- [۱] مطیعی ه، (۱۳۷۴) "زمین‌شناسی ایران"، جلد دوم، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور طرح تدوین کتاب.
- [۲] قلاوند ه، (۱۳۸۸): "ضرورت تداوم فعالیت‌های اکتشافی در جنوب غرب"، ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۶۱
- [3] EDCO Kish International Company, (2006) "gological geological studies report for mansoori oil field development in asmari formation"
- [4] Jafarzadeh M. and Hosseini M.(2008) "Petrography and geochemistry of Ahwaz Sandstone Member of Asmari Formation, Zagros, Iran: implications on provenance and tectonic setting", J. of **Revista Mexicana de Ciencias Geológicas**, **25**, **2**, pp 247-260.
- [5] Bahroudi M. and Koyi H. (2004) "Tectono-sedimentary framework of Gachsaran Formation in Zagros foreland basin", j. of **Marin and petroleum Geology**., **21**, pp 1295-1310.
- [۶] سحابی ف، (۱۳۸۵): "زمین‌شناسی نفت"، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران.
- [7] Zhou, J.Sun, Shuxia, Wang, Xuben, Zhao, Hui, (1998) "Application of an genetic neural network to lithologic recognition", J. of Chengdu Institute of Technology, pp 80-83.
- [8] Qin, Hao, Zhang, Chao-Mo, (2004) "Lithologic recognition based Rough Set and fuzzy theory", J. of Jiangnan Petroleum Institute., **26**, **4**, pp 60-66.
- [9] Qin, Hao, Zhang, Chao-Mo, (2004) " Lithologic recognition based Rough Set and fuzzy theory", J. of Jiangnan Petroleum Institute., **26**, **4**, pp 60-62.
- [10] Qi J, Gao T, J. Cao, Zhang M, (2009) "Lithology Recognition During Oil Well Drilling Based on Fuzzy-adaptive Hamming Network", Proc. Int. Conf. on Adaptive and Intelligent Systems , pp. 574-578.
- [11] Marana A, Chiachia G, Guilherme I, Papa J, Miura K, Ferreira M, Torres F. (2009) "An Intelligent System for Petroleum Well Drilling Cutting Analysis", Int. Conf. Adaptive and Intelligent Systems.
- [12] Frantiek K, Jozef F, Milan L, (2000) " Monitoring of drilling process with the application of acoustic signal", j. of **Acta Montanistica Slovaca**., **5**, **3**, pp. 237-240.
- [13] Hayajneh M.T, (2007) "Monitoring Hole Quality in a Drilling Process Using a Fuzzy Subtractive Clustering basedqa System Identification Method", **J. of Testing and Evaluation**., **35**, **3**.
- [14] Mcleod H.O, Minarovic M.J, (1994) "Monitoring and analysis of cutting-packing procedures to explain well performance", **J. of petroleum technology**., **46**, **10**, pp 878-883.
- [15] Yilmaz S, Demircioglu C, Akin S, (2002) "Application of artificial neural networks to optimum bit selection", j. of **Computers & Geosciences**., **28**, **2**, pp 261-269.
- [16] Serapiao, A.B.S. Tavares, R.M. Mendes, J.R.P. Guilherme, (2006) "Classification of Petroleum Well Drilling Operations Using Support Vector Machine", International Conference on Intelligent Agents, p 2695-2731.
- [17] Yilmaz S, Demircioglu C, Akin S, (2002) "Application of artificial neural networks to optimum bit selection", **J. of Computers & Geosciences**., **28**, **2**, pp 261-269.

- [18] Coelho D.K, Roisenberg M, Filho P.J.F, Jacinto C.M.C, (2005) "Risk assessment of drilling and completion operations in petroleum wells using a monte carlo and a neural network approach", 37th Conference on Winter simulation, p 1892-1897.
- [19] Fonseca T.C , Mendes J.R.P, Serapião A.B.S and Guilherme I.R, (2006) "A Genetic Neuro-Model Reference Adaptive Controller for Petroleum Wells Drilling Operations", International Conference on Computational Intelligence for Modelling, p 3.
- [20] Al-Harthy M., Khurana A., Begg S., Bratvold R., (2006) "Sequential and systems approaches for evaluating investment decisions: influence of functional dependencies and interactions". **J. of Aust. Petrol. Explor.**, **46**, **1**.
- [21] Spencer J., Morgan D., (1998) "Application of forecasting and uncertainty methods to production". Paper SPE 49092 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, p 18, New Orleans, Louisiana.
- [22] Al-Harthy M., (2007). "**Stochastic oil price models: comparison and impact**". Eng. Econ.vol 5,pp 269–284.
- [23]. Al-Harthy M, Sánchez F., (2011) "Risk analysis Casing-while-Drilling (CwD) and modeling approach". **J. of Petroleum Science and Engineering.**, **78**, pp **1–5**.
- [24] Starkey J., Samantaray A.K. (1993) "Edge detection in petrographic images". vol 172,pp 263–266.
- [25] Goodchild J, Fueten F, (1998) "Edge detection in petrographic images using the rotation polarizer stage".**J. of Computers and Geosciences.**, **24**, pp**745-75**.
- [26] Heilbronner R., (2000) "Automatic grain boundary detection and grain size analysis using polarization micrographs or orientation images". J. of Structural Geology., **22**, **15**, pp **969–981**.
- [27] Lu B, Ning C, (2010) "PDE-based Grain Boundary Detection", Second IITA International Conference on Geoscience and Remote Sensing.
- [28] Li B, Zhang T, Bai L, Miao X, "Components Classification of The Clastic Rock Thin-sections Based on GIS".
- [29] Wang H, Zhang Y, Li D, (2010) "Network Intrusion Detection Based on Hybrid Fuzzy C-Mean Clustering", Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, p. 1460-1465.
- [30] Vapnik V. N,(1995) "The Nature of Statistical Learning Theory". New York: Springer-Verlag.
- [31] رافائل سی گنزالس، ریچارد ای.وودز، " پردازش تصویر رقمی"، ۱۳۸۷، ترجمه مرتضی خادمی، داوود جعفری، دانشگاه فردوسی مشهد.
- [32] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, 2002. "Digital Image Processing", Prentice-hall, NJ, USA, pp. 793.
- [33] Cattleman, K. R., 1996," Digital Image Processing", Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- [34] Dempster A. P, Laird N.M, Rubin D.B. (1997) "Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm". **J. of the Royal Statistical Society .**, **39**, **1**, pp **1–22**.
- [35] Hartley H.(1958) "Maximum likelihood estimation from incomplete data. Biometrics", vol 14, pp 174–194.

- [36] Neal R.M, Hinton G. E. (1998) "A new view of the EM algorithm that justifies incremental, sparse and other variants". In M. I. Jordan, editor, Learning in Graphical Models, pp 355–368. Kluwer Academic Publishers.
- [37] Daugman J. G. (1985) "Uncertainty relation for resolution in space, spatial-frequency, and orientation optimized by two-dimensional visual cortical filters", **J. of Opt. Soc.** pp **1160-1169**.
- [38] Gabor D, (2002) "Theory of communication", J. Inst. Elec. Eng. vol 93, pp 429-457 .
- [39] Kumar A , Pang G, (2002) "Defect Detection in Textured Materials Using Gabor Filters", **J. of Industrial Applications.**, **38, 2**, pp. **425-440**,
- [40] Vapnik V. N, (1995) "The Nature of Statistical Learning Theory". New York: Springer- Verlag.
- [41] Schölkopf B, Burges C., Smola A. (1999) "Advances in Kernel Methods—Support Vector Learning. Cambridge", MA: MIT Press.
- [42] Boser B.E. , et al. (1992) "A training algorithm for optimal margin classifiers. Proceedings of the fifth annual workshop on computational learning theory" , Pittsburgh, pp. 144-152.
- [43] Christiani N, Shawe-Taylor J, (2000) "An Introduction to Support Vector Machines. Cambridge", MA: Cambridge Univ.
- [44] [http://users.ecs.soton.ac.uk/srg/publications/pdf/support vector machine.pdf](http://users.ecs.soton.ac.uk/srg/publications/pdf/support%20vector%20machine.pdf)

[۴۵] ملازم، فرید، (۱۳۸۵)، "ماشین بردار پشتیبان"، گزارش درس یادگیری ماشین، دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات دانشگاه صنعتی امیر کبیر، صفحه ۲۲