

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی ژئوفیزیک-لرزه شناسی

شناسایی کانال های مدفون شده در داده های لرزه ای سه بعدی با استفاده از لبه یابی چند تفکیکی

نگارنده: حسن خسرجی نژاد

اساتید راهنما

دکتر امین روشندل کاهو

دکتر مهرداد سلیمانی منفرد

استاد مشاور

دکتر محمد رداد

مهرماه ۹۹

شماره: ۹۹/۹۹/۴۲۰
تاریخ: ۹۹/۱۰/۱۹

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای حسن خیرجی نژاد با شماره دانشجویی ۹۶۰۶۰۶۴ رشته ژئوفیزیک گرایش لرزه شناسی تحت عنوان شناسایی کانال‌های مدفون شده در داده‌های لرزه ای سه بعدی با استفاده از لبه‌یابی چندتفکیکی که در تاریخ ۱۳۹۹/۷/۲۸ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می‌گردد:

الف) درجه عالی: ☐ نمره ۱۹-۲۰ ☒ (ب) درجه خیلی خوب: نمره ۱۸-۱۸/۹۹ ☒
 ج) درجه خوب: نمره ۱۶-۱۷/۹۹ ☐ (د) درجه متوسط: نمره ۱۴-۱۵/۹۹ ☐
 ه) کمتر از ۱۴ ☐ غیر قابل قبول و نیاز به دفاع مجدد دارد ☐
 نوع تحقیق: ☒ نظری ☐ عملی

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر امین روشندل کاهو	دانشیار	
۲- استاد راهنمای دوم	دکتر مهرداد سلیمانی منفرد	دانشیار	
۳- استاد مشاور	دکتر محمد رداد	استادیار	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر یوسف شیری	استادیار	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر علی نجاتی گلانه	دانشیار	
۶- استاد ممتحن دوم	دکتر معصومه کردی	استادیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر محمد عطایی

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:



تقدیم به:

پدر و مادر عزیز و مهربانم که در سختی ها و دشواری های زندگی، همواره یاور و دلسوز و فداکار و پشتیبان محکم و مطمئن برام بوده اند.

و همچنین تقدیم به:

برادران و خواهر عزیزم که همایان، همیشگی و پشتوانه های زندگیم هستند.

مٹکر وقدر دانی

سپاس فراوان از وجود اساتید بزرگوار و ارجمندم جناب آقایان دکتر اسین روشن دل کا هو، دکتر مراد سلیمانی متفرد و دکتر محمد ردا که با جان و دل همیار و همراه مستیر ناہموار بندہ بودند و بدون راہنمایی های آن ہاتمین این پایان نامہ بسیار مشکل می نمود. از داوران گرامی جناب آقای دکتر علی نجاتی کلاتہ و سرکار خانم دکتر معصومہ کردی کہ زحمات داورہی پایان نامہ را بر عہدہ گرفتہ اند، بسیار سپاسگزارم. و متکثر و شہ از آقای دکتر یوسف شیری خواہم داشت کہ عہدہ دار نمایندہ تحصیلات تکمیلی ارادہ اینجانب بودند و بہنچنین از تمام دوستانی کہ در این مسیر مریاری رساندہ اند سپاسگزارم.

تعمدنامه

اینجانب حسن خسرجی نژاد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته ژئوفیزیک دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه شناسایی کانال مدفون شده در داده های لرزه ای سه بعدی با استفاده از لبه یابی چند تفکیکی تحت راهنمایی دکتر روشندل و دکتر سلیمانی منفرد 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: شهریور ۹۹

امضای دانشجو: حسن خسرجی نژاد

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.

استفاده از داده‌های لرزه‌ای می‌تواند در شرایط ایده آل اطلاعات تحت الارضی زیادی از وضعیت ساختاری نفتگیرها و خواص مخزنی سنگ‌های مخزن را فراهم سازد. کانال‌های مدفون به عنوان پدیده‌های زمین‌شناسی قابل توجهی محسوب می‌شوند که می‌تواند علاوه بر دارا بودن پتانسیل مخزنی، دارای مخاطراتی در حفاری باشد که باید قبل از حفاری بر روی داده‌های لرزه‌ای شناسایی شوند. بنابراین شناسایی کانال‌های مدفون می‌توانند مهم و ضروری باشند. تبدیل موجک پیوسته (CWT)، یکی از روش‌های تجزیه طیفی برای تحلیل سیگنال ناپایدار به منظور دست یافتن به قدرت تفکیک زمانی و فرکانسی بهتر سیگنال است. در این تحقیق تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ هرتز روی افق به‌دست آمده از داده‌لرزه‌ای واقعی اعمال شده و سپس بر روی هر کدام از این فرکانس‌ها، نشانگرهای لبه‌یابی مناسب جهت شناسایی کانال مدفون مانند: نشانگرهای انرژی، دامنه لحظه‌ای، میانگین ریشه مربعات دامنه، پرویت، فیلتر گریس، Semblance، Similarity، واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری و شیب انحنا اعمال شده است که از بین آن‌ها تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ انتخاب شده (همراه با اعمال نشانگرهای مذکور) و سپس با استفاده از روش RGB برای ترکیب فرکانس‌های مختلف یک نشانگر و همچنین نشانگرهای مختلف برای چند فرکانس استفاده شده است و برای ترکیب افق‌های حاوی بیش از سه عدد، فرکانس تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته (همراه با اعمال نشانگرهای مذکور) روش PCA به کار برده شده است که با هر دو روش ترکیب توانستیم بافت داخلی کانال مدفون از بافت خارجی آن به صورت متمایز مشاهده شود و در نتیجه مرزهای کانال مدفون به طور واضح از سایر نقاط قابل تفکیک شوند علاوه بر آن کراس اسپیلی کانال مدفون با درجه وضوح بیشتری قابل رویت شده‌اند. که این روش پیشنهادی می‌تواند به عنوان جایگزینی برای روش مرسوم شناسایی کانال مدفون در نظر گرفته شود.

کلیدواژه: کانال مدفون، تبدیل موجک پیوسته، نشانگرهای لرزه‌ای، RGB، PCA

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- خسرجی نژاد، حسن، سلیمانی منفرد، مهرداد، روشندل کاهو، امین و رداد، محمد، ۱۳۹۷، شناسایی کانال‌های مدفون با استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای، کنفرانس ملی پژوهش‌های دانش بنیان در علوم زمین، اهواز
<https://civilica.com/doc/۸۳۸۰۹۰>

۲- خسرجی نژاد، حسن، روشندل کاهو، امین، سلیمانی منفرد، مهرداد و رداد، محمد، ۱۳۹۸، آنالیز چندمقیاسی نشانگر واریانس برای شناسایی کانال مدفون، اولین همایش ملی پردازش سیگنال و تصویر در ژئوفیزیک، شاهرود،
<https://civilica.com/doc/۹۷۰۴۷۳>

۳-Proposing a new strategy in multi-seismic attribute combination for

identification of buried channe, Hassan Khasraji Nezhad, Amin Roshandel Kahoo*, Mehrdad

Soleimani Monfared, Mohamad Radad, Journal of Applied Geophysics

فهرست مطالب

فصل ۱: مقدمه و کلیات ۱

۱-۱ تعریف مسئله و ضرورت انجام تحقیق ۲

۲-۱ تاریخچه کارهای انجام شده ۳

۳-۱ هدف تحقیق ۱۰

۴-۱ ساختار پایان نامه ۱۱

فصل ۲: تئوری روش ۱۳

۲-۱ نشانگرهای لرزه‌ای ۱۴

۲-۲ نشانگرهای لرزه‌ای مناسب برای شناسایی کانال مدفون ۱۵

۱-۲-۲ نشانگر شباهت ۱۵

۲-۲-۲ نشانگر همدوسی ۱۶

۳-۲-۲ نشانگر انرژی ۱۶

۴-۲-۲ نشانگر دامنه لحظه‌ای ۱۷

۵-۲-۲ نشانگر میانگین ریشه مربع دامنه ۱۷

۶-۲-۲ نشانگر پرویت ۱۸

۷-۲-۲ نشانگر فیلتر گرابس ۱۹

- ۸-۲-۲ نشانگر واریانس ماتریس هم رخداد سطح خاکستری ۱۹
- ۹-۲-۲ نشانگر شیب انحنا ۲۰
- ۳-۲ تبدیل فوریه ۲۲
- ۴-۲ تبدیل فوریه زمان کوتاه ۲۲
- ۵-۲ تبدیل موجک ۲۳
- ۶-۲ تبدیل موجک پیوسته ۲۴
- ۷-۲ لبه‌یابی ۲۶
- ۸-۲ روش‌های تشخیص لبه ۲۷
- ۹-۲ تشخیص لبه براساس روش گرادیان (مشتق اول) ۲۸
- ۱۰-۲ گرادیان تصویر و خصوصیات آن ۲۸
- ۱۱-۲ عملگرهای تشخیص لبه بر مبنای گرادیان ۳۰
- ۱-۱۱-۲ عملگر رابرتز ۳۲
- ۲-۱۱-۲ عملگر پرویت ۳۲
- ۳-۱۱-۲ عملگر کنی ۳۳
- ۴-۱۱-۲ عملگر سوبل ۳۴
- ۱۲-۲ مقایسه عملگرهای پردازش تصویر ۳۵
- ۱۳-۲ روش‌های تلفیق ۴۰
- ۱-۱۳-۲ روش RGB ۴۰
- ۲-۱۳-۲ تحلیل مولفه اساسی ۴۲

فصل ۳: بحث و نتایج

۴۵

۳-۱ داده‌های لرزه‌ای واقعی ۴۶

۳-۲ اعمال تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته بر روی افق به‌دست آمده از داده‌های لرزه‌ای واقعی ۴۸

۳-۳ اعمال نشانگرهای لرزه‌ای بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته ۵۰

۳-۴ روش‌های ترکیب ۶۰

۳-۴-۱ ترکیب با استفاده از RGB ۶۰

۳-۴-۲ ترکیب با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اساسی ۷۵

فصل ۴: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۸۷

۴-۱ نتیجه‌گیری ۸۸

۴-۲ پیشنهادات ۸۹

۹۰

مراجع

فهرست جداول

جدول ۱-۲. برخی از معایب عملگرهای مبتنی بر شیب را نشان می‌دهد [۷۶]..... ۳۷

جدول ۱-۳. مشخصات داده‌ی واقعی به‌کار رفته در این تحقیق را نشان می‌دهد..... ۴۷

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲. محاسبه شیب افقی نشانگر پرویت [۶۰]..... ۱۸
- شکل ۲-۲. محاسبه شیب عمودی نشانگر پرویت [۶۰]..... ۱۸
- شکل ۳-۲. اعمال نشانگرهای الف) انرژی ، ب) دامنه لحظه‌ای، ج) میانگین ریشه مربعات دامنه ، د) فیلتر گرابس، ه) شباهت ، و) همدوسی، ز) واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری و ح) شیب انحنا بر روی افق لرزه‌ای..... ۲۱
- شکل ۴-۲. جعبه هایزنبرگ در تبدیل فوریه زمان کوتاه [۶۳]..... ۲۳
- شکل ۵-۲. جعبه هایزنبرگ در تبدیل موجک را نشان می‌دهد [۶۳]..... ۲۵
- شکل ۶-۲. شیوه محاسبه اندازه عددی بردار گرادیان و امتداد لبه در یک تصویر [۶۹]..... ۳۰
- شکل ۷-۲. الف) همسایگی 3×3 تصویر، ب) عملگر افقی رابرتز، ج) عملگر افقی رابرتز را نشان می‌دهد [۶۹]..... ۳۱
- شکل ۸-۲. عملگر پرویت، الف) عملگر افقی، ب) عملگر عمودی [۶۹]..... ۳۳
- شکل ۹-۲. عملگر سوبل، الف) عملگر افقی و ب) عملگر عمودی را نشان می‌دهد [۶۹]..... ۳۴
- شکل ۱۰-۲. شکل شماتیک مکعب RGB رنگ‌های اصلی و فرعی و همچنین رنگ‌های سیاه و سفید، رئوس مکعب را تشکیل می‌دهند [۹۲]..... ۴۱
- شکل ۱۱-۲. نمای کلی روش تحقیق..... ۴۳
- شکل ۱۲-۲. نشان دهنده‌ی روند پردازش روش پیشنهادی شده در این پایان نامه ۴۴
- شکل ۱-۳. الف) مکعب لرزه‌ای داده‌ها و ب) افق به‌دست آمده از داده‌های لرزه‌ای واقعی (نرم افزار Petrel)..... ۴۷
- شکل ۲-۳. تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته الف) با فرکانس ۲۰ هرتز، ب) با فرکانس ۲۵ هرتز، ج) با فرکانس ۳۰ هرتز، د) با فرکانس ۳۵ هرتز، ه) با فرکانس ۴۰ هرتز و و) با فرکانس ۴۵ هرتز روی داده‌ی لرزه‌ای..... ۴۹
- شکل ۳-۳. اعمال نشانگر انرژی روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته ۲۰ تا ۴۵ هرتز را نشان می‌دهد..... ۵۱
- شکل ۴-۳. اعمال نشانگر دامنه لحظه‌ای را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز..... ۵۲
- شکل ۵-۳. اعمال نشانگر میانگین ریشه مربعات دامنه را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز..... ۵۳

شکل ۳-۶. اعمال نشانگر پرویت را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز..... ۵۴

شکل ۳-۷. اعمال نشانگر فیلتر گرابس را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز..... ۵۵

شکل ۳-۸. اعمال نشانگر شباهت روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۰ تا ۴۵ هرتز..... ۵۶

شکل ۳-۹. اعمال نشانگر همدوسی روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۰ تا ۴۵ هرتز..... ۵۷

شکل ۳-۱۰. اعمال نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز..... ۵۸

شکل ۳-۱۱. اعمال نشانگر شیب انحنا را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز..... ۵۹

شکل ۳-۱۲. الف) اعمال نشانگر شباهت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز (ب) اعمال نشانگر شباهت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز (ج) اعمال نشانگر شباهت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند..... ۶۱

شکل ۳-۱۳. الف) اعمال نشانگر همدوسی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز (ب) اعمال نشانگر همدوسی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز (ج) اعمال نشانگر همدوسی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند..... ۶۲

شکل ۳-۱۴. الف) اعمال نشانگر میانگین ریشه مربعات دامنه بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز (ب) اعمال نشانگر همدوسی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز (ج) اعمال نشانگر همدوسی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند..... ۶۳

شکل ۳-۱۵. الف) اعمال نشانگر انرژی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز (ب) اعمال نشانگر انرژی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز (ج) اعمال نشانگر انرژی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند..... ۶۴

شکل ۳-۱۶. الف) اعمال نشانگر فیلتر گرابس بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز (ب) اعمال نشانگر فیلتر گرابس بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز (ج) اعمال نشانگر فیلتر گرابس بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند..... ۶۵

شکل ۳-۱۷. الف) اعمال نشانگر دامنه لحظه‌ای بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز (ب) اعمال نشانگر دامنه لحظه‌ای بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز (ج) اعمال

نشانگر دامنه لحظه‌ای بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند..... ۶۶

شکل ۳-۱۸. الف) اعمال نشانگر پرویت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز ب) اعمال نشانگر پرویت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز ج) اعمال نشانگر پرویت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند..... ۶۷

شکل ۳-۱۹. الف) اعمال نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز ب) اعمال نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز ج) اعمال نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند..... ۶۸

شکل ۳-۲۰. الف) اعمال نشانگر شیب انحنا بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز ب) اعمال نشانگر شیب انحنا بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز ج) اعمال نشانگر شیب انحنا بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند..... ۶۹

شکل ۳-۲۱. الف) وب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه‌بعدی ترکیب به روش تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر دامنه لحظه‌ای و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر پرویت و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر شباهت اعمال شده را نشان می‌دهد..... ۷۰

شکل ۳-۲۲. الف) وب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه‌بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر فیلتر گرابس و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر شباهت و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر پرویت اعمال شده را نشان می‌دهد..... ۷۱

شکل ۳-۲۳. الف) وب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه‌بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر انرژی و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر میانگین ریشه مربعات دامنه و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری اعمال شده را نشان می‌دهد..... ۷۱

شکل ۳-۲۴. الف) وب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه‌بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر انرژی و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر دامنه لحظه‌ای و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر فیلتر گرابس اعمال شده را نشان می‌دهد..... ۷۲

شکل ۳-۲۵. الف) وب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه‌بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر همدوسی و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر پرویت و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری اعمال شده را نشان می‌دهد..... ۷۲

شکل ۳-۲۶. (الف) و (ب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر شباهت و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر فیلتر گرایس و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر همدوسی اعمال شده را نشان می دهد.....۷۳.

شکل ۳-۲۷. تصاویر (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب اعمال نشانگر انرژی روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۳۰، ۳۵ و ۴۰ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (د) ترکیب تصاویر (الف)، (ب) و (ج) را به روش تحلیل مولفه های اساسی را نمایش می دهد.....۷۳.

شکل ۳-۲۸. تصاویر (الف)، (ب)، (ج) و (د) به ترتیب اعمال نشانگر واریانس ماتریس هم رخداد سطح خاکستری روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (و) ترکیب تصاویر (الف)، (ب)، (ج) و (د) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می دهد.....۷۶.

شکل ۳-۲۹. (الف) و (ب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر انرژی و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر شیب انحنای و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر واریانس ماتریس هم رخداد سطح خاکستری اعمال شده را نشان می دهد.....۷۷.

شکل ۳-۳۰. تصاویر (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب اعمال نشانگر فیلتر گرایس روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۳۰، ۳۵ و ۴۰ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (د) ترکیب تصاویر (الف)، (ب) و (ج) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می دهد.....۷۸.

شکل ۳-۳۱. تصاویر (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب اعمال نشانگر دامنه لحظه ای روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۲۵، ۳۰ و ۳۵ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (د) ترکیب تصاویر (الف)، (ب) و (ج) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می دهد.....۷۹.

شکل ۳-۳۲. تصاویر (الف)، (ب)، (ج)، (د) و (و) به ترتیب اعمال نشانگر پرویت روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (ه) ترکیب تصاویر (الف)، (ب)، (ج)، (د) و (و) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می دهد.....۸۰.

شکل ۳-۳۳. تصاویر (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب اعمال نشانگر میانگین ریشه مربعات دامنه روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۲۵، ۳۰ و ۳۵ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (د) ترکیب تصاویر (الف)، (ب) و (ج) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می دهد.....۸۱.

شکل ۳-۳۴. تصاویر (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب اعمال نشانگر همدوسی روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۳۵، ۴۰ و ۴۵ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (د) ترکیب تصاویر (الف)، (ب) و (ج) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می دهد.....۸۲.

شکل ۳-۳۵. تصاویر (الف)، (ب)، (ج) و (د) به ترتیب اعمال نشانگر شباهت روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (و) ترکیب تصاویر (الف)، (ب)، (ج) و (د) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می دهد.....۸۳.

شکل ۳-۳۶. ترکیب به روش تحلیل مولفه اساسی مربوط به اعمال نشانگرهای انرژی، میانگین ریشه مربعات دامنه و دامنه لحظه‌ای روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۰ هرتز را نشان می‌دهد..... ۸۴

شکل ۳-۳۷. الف) و ب) اعمال نشانگرهای مختلف با فرکانس‌های متفاوت و ترکیب آن‌ها به روش تحلیل مولفه اساسی را نشان می‌دهد..... ۸۵

فہرست علامات

Edge Preserving Smo.....	EPS
Matching Pursuit Decomposition.....	MPD
Genetic algorithm.....	GA
Continuous Wavelet Transform.....	CWT
Three Parameters Wavelet.....	TP wavelet
Root Mean Square Amplitude.....	RMS
Gray-Level Co-Occurrence Matrix.....	GLCM
Short-time Fourier Transforms.....	STFT
Laplacian of Gaussian.....	LOG
Principal Component Analysis.....	PCA

فصل ۱: مقدمه و کلیات

۱-۱ تعریف مسئله و ضرورت انجام تحقیق

یکی از متداول‌ترین روش‌های ژئوفیزیکی، لرزه‌نگاری بازتابی می‌باشد که از اوایل سال ۱۹۸۰ پیشرفت‌های فراوانی کرده است. برای مطالعات پوسته و بخش‌های بالایی گوشته تا اعماق ده‌ها کیلومتر از این روش استفاده می‌کردند. در اکتشاف هیدروکربن‌ها و مطالعات ساختمانی این روش کاربرد گسترده‌ای دارد. این روش برای مشخص کردن تله‌های چینه‌ای و ساختمانی در اکتشاف نفت یک امر ضروری می‌باشد [۱]. کانال‌های مدفون، ساختارهایی هستند که در مقطع قائم حالت V شکل و U شکل از خود نشان می‌دهند و به صورت میان‌برهایی در لایه‌هایی که از قبل تشکیل شده‌اند، قرار می‌گیرند و به وسیله‌ی رسوبات پر شده‌اند [۲]. کانال‌های مدفون، یکی از اهداف اکتشافی هستند که می‌توانند محل مناسبی برای تجمع هیدروکربن می‌باشند. شناسایی کانال‌های مدفون به عنوان عاملی که می‌تواند بر روی تراوایی و تخلخل مخازن هیدروکربن تأثیرگذار باشد، دارای اهمیت است. کانال‌ها از جمله تله‌های هیدروکربنی هستند که در مرحله تفسیر داده‌های لرزه‌ای بازتابی مشخص می‌شوند. اما این رخدادها اغلب در داده‌های لرزه‌ای بازتابی به وضوح قابل مشاهده نیستند و به دلیل وجود نوفه و بازتاب‌های ضعیف، تشخیص و تعیین مرزهای دقیق آن‌ها کار شواری است [۳]. تشخیص لبه به استخراج ویژگی‌های مهم تصویر در جایی که تغییرات ناگهانی در شدت وجود دارد، کمک می‌نماید. از سوی دیگر، تشخیص رویدادهای مهم، هدف از کشف تغییرات شدید در شدت پیکسل‌های یک تصویر است [۴]. لبه‌های یک تصویر، اساسی‌تری ویژگی‌های آن تصویر است. زیرا شامل مقادیر زیادی از اطلاعات و محتویات تصویر است. از این رو، یکی از اهداف اصلی در بسیاری از سیستم‌های پردازش تصویر، تشخیص لبه است. لبه‌ها تغییرات شدت قابل توجه در یک تصویر هستند و به طور معمول در مرزهای بین دو

ناحیه رخ می‌دهند. ویژگی‌های مهمی که می‌توانند از لبه‌ها یک تصویر استخراج شوند، عبارتند از: گوشه و کنار، منحنی‌ها، خطوط و شکستگی‌ها می‌باشند [۵].

۱-۲ تاریخچه کارهای انجام شده

کانال‌های مدفون به‌عنوان پدیده‌های زمین‌شناسی قابل توجهی محسوب می‌شوند که می‌توان آن‌ها را در مخازن بالقوه مشاهده کرد. بنابراین، تفسیر کانال از داده‌های لرزه‌ای، کار ضروری برای مفسران است. از زمان پیدایش لرزه‌نگاری سه‌بعدی در دهه ۱۹۸۰، بسیاری از محققان نشانگرهای لرزه‌ای مانند: شیب و آزیموت^۱ [۶]، همدوسی^۲ [۷]، انحنای^۳ [۸ و ۹]، برای کمک به شناسایی کانال‌های مدفون شده را توسعه دادند. کانال‌های مدفون در مقاطع لرزه‌ای می‌توان به‌عنوان لبه‌هایی در نظر گرفت که اغلب مولفه‌های فرکانسی بالایی دارند و تصویر آن‌ها دارای شدت بالاتری نسبت به پیکسل‌های همجوار دارند. یک سری الگوریتم‌های مشتق شده از پردازش تصویر که برای بهتر نشان دادن ناپیوستگی لرزه‌ای عبارتند از: تفاوت نشانگر براساس فیلتر سوبل^۴ [۱۰]، حفظ همواری لبه^۵ براساس فیلتر کووهارا^۶ [۱۱] و عملگر کنی^۷ [۱۲] معرفی شدند. لی^۸ از نشانگرهای حاصل از روش تجزیه با تعقیب تطابق^۹ برای شناسایی کانال مدفون در خلیج مکزیک استفاده کرده است [۱۳]. جهت شناسایی کانال مدفون در خلیج مکزیک چوپرا و مارفورت^{۱۰}، نشانگرهای تجزیه طیفی

^۱ Dip and Azimuth

^۲ Coherency

^۳ Curvature

^۴ Sobel filter

^۵ Edge Preserving Smoothing (EPS)

^۶ Kuwahara filter

^۷ Canny operator

^۸ Liu

^۹ Matching Pursuit Decomposition(MPD)

^{۱۰} Chopra and Marfurt

^۱ را به کاربردند [۱۴]. هارت ^۲ کانال مدفون را با استفاده نشانگر نرمی ^۳ از روی داده سه بعدی شناسایی کرده است [۱۵]. جهت تشخیص کانال مدفون کاربرد نشانگرهای طیفی لحظه‌ای را در روش تعقیب تطابق توسط محبیان و همکاران مورد بررسی قرار داده است [۱۶]. آن‌ها برای نشان دادن دقیق‌تر و بهتر کانال‌های مدفون با ترکیب تصاویر به دست آمده از نشانگرهای طیفی لحظه‌ای و نشانگر همدوسی یک تصویر ترکیبی از کانال مدفون نشان دادند [۱۷]. برای شناسایی کانال‌های مدفون که به تنهایی در داده‌های لرزه‌ای قابل تشخیص نیستند، از نشانگر سوبل استفاده می‌شود که این نشانگر محدوده‌ی کانال را به خوبی مشخص می‌کند. نشانگر سوبل با ابعاد عملگر کوچکتر شاخه‌های با ضخامت کم و ابعاد عملگر بزرگتر شاخه‌های با ضخامت بیشتر را نشان می‌دهد [۲]. زارعی و همکاران از نشانگرهای بسامد لحظه‌ای بیشینه و دامنه‌ی لحظه‌ای بیشینه حاصل از تبدیل فوریه زمان کوتاه واهمامیختی ^۴ داده‌های لرزه‌ای سه بعدی برای شناسایی کانال و حتی پدیده‌های زمین رفتار دامنه موج لرزه‌ای در داخل کانال و همچنین محتوای بسامدی داده‌ها نسبت به رسوبات که کانال را پر کردند، استفاده کردند [۱۸]. صادقی و همکاران استفاده از روش برابارش رنگی (RGB) مولفه‌های اصلی در نمایش داده‌های تجزیه طیفی در تفسیر داده‌های لرزه‌ای به خصوص در شناسایی کانال‌های مدفون کمک زیادی می‌کند [۱۹]. غضنفری و همکاران به وسیله ترکیب نشانگرهای لرزه‌ای با استفاده از شبکه‌ی عصبی مصنوعی به شناسایی کانال مدفون پرداختند [۲۰]. یوسفی تحلیل بافت لرزه‌ای را به وسیله نشانگر ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری شناسایی کانال مدفون را مورد بررسی قرار داده است [۲۱]. از آنجایی که داده‌های لرزه‌ای حالت خاصی از تصاویر رقومی می‌باشد، برای شناسایی لبه‌ها در داده‌های لرزه‌ای که محل وقوع کانال‌ها هستند، می‌توان از خاصیت ناهمسانگردی تبدیل شیرلت استفاده کرد. با استفاده از تبدیل شیرلت

^۱ Spectral Decomposition attributes

^۲ Hurt

^۳ Sweetness attribute

^۴ Deconvolution

تشخیص لبه حتی در حضور نوفه تصادفی نتایج مطلوب‌تری ارائه می‌دهد [۲۲]. در یک تصویر سطح خاکستری، منطقه‌ای که مقدار سطح خاکستری از یک مقدار بالا به یک مقدار کم منتقل شود یا بالعکس، لبه در نظر گرفته می‌شود. لبه‌ها نشان‌دهنده مرز بین یک شی و پس‌زمینه یا بین دو جسم است. در نتیجه، تشخیص لبه برای مکان‌یابی اشیاء و تعیین اشکال و اندازه آنها ضروری است [۲۳]. تشخیص لبه یک وظیفه مهم در بینایی ماشین^۱ است. اغلب به عنوان اولین قدم در دریافت اطلاعات از تصاویر استفاده می‌شود، به همین دلیل است که هنوز هم یک منطقه تحقیقاتی فعال است. تشخیص لبه در تشخیص شی، تقسیم‌بندی (تفکیک) تصویر و همچنین برای درک ساختار تصویر استفاده می‌شود. در برنامه بینایی ماشین، لبه‌های تصویر اطلاعات بسیار مفیدی درباره مرز ارائه می‌دهند [۲۴]. برای آشکارسازی لبه تن و همکاری^۲ رویکرد تابع هزینه مقایسه‌ای^۳ را اعمال کردند [۲۵]. تصویر لبه یک تابع اندازه‌گیری هزینه است که از نظر ضخامت لبه، پیوستگی، ناحیه تغییر و قطعه قطعه شدن^۴ و غیره را توضیح می‌دهد. بعداً، نویسندگان در [۲۶] روشی برای آشکارسازی لبه با استفاده از الگوریتم ژنتیک^۵ را با توجه به همان مولفه‌های هزینه‌ای که توسط تن و همکاری [۲۵] ارائه دادند. داگر و ضاحیه^۶ مسئله تشخیص لبه را به عنوان یک مسئله به حداقل رساندن هزینه چند منظوره^۷ فرموله کردند [۲۷]. کومار و راجا^۸ رویکرد دو سطح را برای تشخیص لبه در نظر گرفتند، اولاً لبه‌های تصویر با استفاده از فیلتر کردن تصویر بهبود می‌یابند و ثانیاً در تصاویر پیشرفته از روش بهینه‌سازی کلنی مورچه^۹ برای تشخیص لبه استفاده می‌شود [۲۸]. تشخیص لبه داده‌های لرزه‌ای نقش مهمی در تفسیر و پردازش داده‌های لرزه‌ای

^۱ computer eyesight

^۲ Tan et al

^۳ comparative cost function approach

^۴ splinter/fragmentation

^۵ genetic algorithm (GA)

^۶ Dagar and Dahiya

^۷ multi-objective cost minimization problem.

^۸ Kumar and Raheja

^۹ ant colony optimization method

دارد. به‌ویژه در توصیف شکستگی مخزن، شناسایی ناپیوستگی‌های زمین‌شناسی مانند: گسل، کانال‌ها و مناطق شکستگی حائز اهمیت است. تشخیص لبه مبتنی بر تبدیل هیلبرت در تبدیل فوریه به‌عنوان یک روش موثر در شناسایی لبه در نظر گرفته شده است. چن و همکاران^۱ برای شناسایی لبه داده‌های لرزه‌ای، یک شبه تبدیل هیلبرت مرتبه بالا^۲ ارائه دادند [۲۹]. فیلتر سوبل یک فیلتر معروف لبه‌یاب است و به‌طور گسترده‌ای در زمینه بینایی ماشین و پردازش تصویر مورد استفاده قرار گرفته است. همچنین برای تصویربرداری پزشکی و پردازش داده‌های نجومی مورد استفاده قرار گرفته است [۳۰]. از نشانگر سوبل توسط بسیاری از محققان از جمله: جینگ و همکاران^۳، آقراوی و بو^۴، الدوساری^۵ بر روی داده‌های لرزه‌ای که در چندین ترکیب قابل تفکیک، غیرقابل تفکیک، دو بعدی، سه بعدی و با اندازه‌های مختلف عملگر به‌کاربرده شده است [۳۱، ۳۲، ۳۳]. تشخیص لبه دسته‌ای از نشانگرهای لرزه‌ای هندسی است که توانایی به‌دست آوردن اطلاعات حیاتی از داده‌های لرزه‌ای بازتابی را دارند که می‌تواند برای کمک به تفسیر کمی و کیفی استفاده شود. آدتوکونبو و همکاران^۶ روش جدیدی برای تفسیر زمین‌شناسی براساس الگوهای مشتق شده از مربع‌ها و مکعب‌های جادویی^۷ ارزیابی کردند. این عملگرهای دیفرانسیل گسسته هستند که تقریباً مشتق مکانی دامنه‌ای را از طریق هم‌امیخت^۸ دوبعدی و سه‌بعدی برای محاسبه لبه‌ها و یا ویژگی‌های زمین‌شناسی در داده‌های لرزه‌ای به‌کار برده می‌شوند. مزیت این عملگر جدید اسکن^۹ چند جهته آن می‌باشد که منجر به تشخیص کارآمد مکان‌های مختلف لبه و جهت‌گیری‌های مربوطه می‌شود. آن‌ها عملگرهای جدید را با استفاده از دو حجم داده لرزه‌ای

^۱ Chen et al

^۲ High-order pseudo Hilbert transform

^۳ Jing et al

^۴ Aqrawi and Boe

^۵ Al-Dossary

^۶ Adetokunbo et al

^۷ magic squares and cubes

^۸ convolution

^۹ scanning

سه‌بعدی در برابر فیلتر سوبل که به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد، آزمایش کردند. نتایج عملگرهای مکعب جادویی $5 \times 5 \times 5$ نسبت به عملگرهای مکعب جادویی $3 \times 3 \times 3$ تعریف بهتری از ویژگی‌های لرزه‌ای ارائه داده است. نتایج کلی مطلوب با عملگر سوبل مقایسه شده است، که نشان می‌دهد این روش می‌تواند به عنوان یک ابزار مکمل برای سایر نشانگرهای لرزه‌ای موجود باشد [۳۴]. استخراج ویژگی در چند مقیاس در سال‌های اخیر برجسته شده است. علاوه بر این، پردازش تصاویر حاوی داده‌های پراکنده یا توزیع نامنظم، به‌ویژه با توجه به استفاده از محدوده (برد) داده‌های تصویر^۱، اهمیت بیشتری یافته است. کلمن و همکاران^۲ خانواده‌ای از الگوریتم‌های تشخیص لبه مبتنی بر شیب چند مقیاس را ارائه دادند که برای استفاده در داده‌های تصویر توزیع شده منظم یا نامنظم مناسب هستند. این الگوریتم‌ها را می‌توان مستقیماً بر روی محدوده و شدت تصاویر بدون هیچ‌گونه پیش‌پردازش^۳ تصویری اعمال کرد. آن‌ها الگوریتم‌های خود را بر روی شدت مصنوعی و محدوده تصاویر ارزیابی کردند و همچنین با استفاده از تصاویر واقعی خروجی مقایسه‌ای بصری ارائه دادند. نتایج نشان می‌دهد که این رویکرد می‌تواند با موفقیت برای تصاویر محدوده و شدت اعمال شود و نتایجی که در آن‌ها تصاویر شدت دقیق‌تر از عملگرهای شیب سنتی و تصاویر محدوده دقیق‌تر از تقریب خط اسکن^۴ ارائه می‌دهد [۳۵]. گائو^۵ الگوریتم آماری وزنی غیر خطی جدید برای تشخیص لبه چند مقیاس تصویر خاکستری بر اساس تجزیه و تحلیل موجک، برای استخراج لبه (رابط)^۶ در جریان‌های چند فاز^۷ ارائه کرده است. در این روش، حداکثر ضریب محلی گرادیان خاکستری در امتداد جهت زاویه فاز، به عنوان لبه (رابط) احتمالی یک تصویر در

^۱ range image data

^۲ Coleman et al

^۳ pre-processing

^۴ scan-line approximation

^۵ Guo

^۶ interface

^۷ multiphase flows

نظر گرفته می شود. در این روش، حداکثر ضریب محلی شیب خاکستری در امتداد جهت زاویه فاز، به عنوان لبه احتمالی یک تصویر در نظر گرفته می شود. یک تابع گاوسی گسسته دو بعدی با مقدار میانگین صفر به عنوان فیلتر هموارسازی در نظر گرفته می شود. به منظور تحقق بخشیدن به تشخیص چند مقیاس، از حداکثرهای محلی ضریب تبدیل موجک محاسبه شده در زیر مجموعه‌ای از مقیاس‌های تبدیل موجک برای تشخیص لبه احتمالی تصویر استفاده می شود. یک تابع گاوسی اصلاح شده برای وزنی غیر خطی آن جهت شناسایی لبه‌های ممکن که در مقیاس های مختلف پیشنهاد شده است و همچنین یک تابع آماری برای ترکیب لبه احتمالی هر پیکسل در همه مقیاس ها پیشنهاد شده است. در مقایسه با عملگرکنی^۱، این الگوریتم جدید می تواند لبه را حتی با وجود نوفه و انعکاس نور شدید کاملاً استخراج کند، که این امر پتانسیل استخراج لبه در جریان های چند فاز را نشان می دهد [۳۶]. نس^۲ یک طرح سریع تشخیص مقیاس لبه برای سیگنال های سونوگرافی پزشکی را پیشنهاد داد. آشکارساز لبه بر اساس خواص شناخته شده تبدیل موجک پیوسته^۳ است. برای دستیابی به محلی سازی خوب لبه ها و شناسایی تنها لبه های قابل توجه، وی حداکثر خطوط تبدیل موجک را مطالعه می کرد. می توان با محاسبه تبدیل موجک در چندین مقیاس میانی^۴، حداکثر خطوط بین دو مقیاس را به دست آورد. برای کاهش تلاش و زمان محاسباتی، او یک روش فیلتر کردن در مقیاس - زمان را پیشنهاد می داد که فقط چند مقیاس را برای اتصال حداکثر مدول (ضریب) در صفحه مقیاس - زمان استفاده می کند. طراحی این روش مبتنی بر مطالعه حداکثر خطوط مربوط به لبه های معمول برای سیگنال های سونوگرافی پزشکی است. این مطالعه امکان می دهد الگوریتمی برای سیگنال های سونوگرافی پزشکی ساخته شود که

^۱ Canny

^۲ Nes

^۳ continuous wavelet transform (CWT).

^۴ intermediate scales

تقاضای سرعت را برآورده می کند ، اما نه با هزینه اطمینان.^۱ الگوریتم تشخیص لبه برای دسته بزرگی از سیگنال‌های سونوگرافی پزشکی شامل تصاویر تومور^۲ ، کبد^۳ و سرخرگ^۴ استفاده شده است. نتایج نشان می دهد که الگوریتم پیشنهادی به طور موثر ویژگی‌های اصلی سیگنال‌هایی از جمله لبه های با کنتراست کم تشخیص می دهد [۳۷]. دیسینگ و همکاران^۵ یک روش تشخیص لبه چند مقیاسی ارائه کردند که تغییرات سریع پارامترهای متوسط را با استخراج موقعیت و مقاومت آنها در محدوده مقیاس ها ، به طور کامل مشخص می کند. این روش مبتنی بر تبدیل موجک است. در مهاجرت پیش برانبارش^۶، هدف اصلی تصویربرداری از تغییرات سریع پارامترهای متوسط است. مهاجرت پیش برانبارش به گونه ای دوباره تنظیم شده است که رابطه مشترک دو روش را نشان دهد تا از این ویژگی‌های مورد توجه روش تشخیص لبه چند مقیاسی در پیش برانبارش نیز استفاده شود. یک الگوریتم تشخیص لبه چند مقیاسی ، تغییرات سریع سطح زیرزمینی را به عنوان تابعی از مکان و مقیاس استخراج می کند. لبه‌های استخراج شده کاملاً زیر سطح زمین را مشخص می کنند. به طور کلی، یک مدل دقیق از سطح زیرین در دسترس نیست. برای این منظور باید یک روند معکوس یا مهاجرت انجام شود تا مرزهای منعکس کننده را به تصویر بکشد. آن‌ها نشان دادند که روند انتقال می تواند به معنای تشخیص لبه چند مقیاس انجام می گیرد [۳۸]. بینایی انسان معمولاً یک سیستم استخراج دانش سلسله مراتبی چند مقیاسی تلقی می شود. روش‌های تشخیص لبه چند مقیاسی، تلاشی برای ترکیب روشهای با مقیاس ریز که دقت مکانی بالایی دارد در جهت مقابله با پاسخ های کاذب ذاتی روش های مقیاس درشت صورت می گیرد. لوپس مولینا و همکاران^۷ با استفاده از روش چند مقیاسی برای تشخیص لبه بر اساس

^۱expense of reliability

^۲tumour

^۳liver

^۴artery

^۵Dessing et al

^۶Prestack migration

^۷Lopez-Molina et al

افزایش همواری گوسی^۱، عملگرهای سو بل و ردیابی لبه^۲ درشت تا ریز ارائه دادند که مثال‌های بصری و ارزیابی‌های کمی مزایای پیشنهاد آن‌ها را نشان می‌دهد [۳۹]. ژائو و یو^۳ روش تشخیص لبه چند مقیاسی با استفاده از نشانگر شیب سو بل ساختارگرا بر اساس تبدیل موجک TP^۴ را پیشنهاد دادند. این روش از اطلاعات شیب و آزمون به عنوان محدودیت استفاده می‌کند و به تشخیص ناپیوستگی چند مقیاس هر پروفیل یا برش در داده‌های لرزه‌ای سه بعدی پی می‌برد. استفاده از این روش جدید در داده‌های لرزه‌ای واقعی نشان می‌دهد که می‌تواند به طور موثر تداخل اطلاعات تشکیل^۵ زمینه را از بین ببرد و مرزهای زمین شناسی غیر طبیعی را شناسایی می‌کند. علاوه بر این، می‌تواند اطلاعات با جزئیات بیشتری را نشان دهد و همچنین منجر به شناسایی و مشخص کردن دقیق مقیاس مختلف لبه‌های لرزه نگاری شده است. آن‌ها بر این باورند که این روش می‌تواند در شناسایی تفاوت افقی لایه‌ها و لبه توده‌های زمین‌شناسی بسیار مفید است [۴۰].

۳-۱ هدف تحقیق

استفاده از داده‌های لرزه‌ای می‌تواند در اطلاعات زیر زمینی زیادی از وضعیت ساختاری نفتگیرها و خواص مخزنی سنگ‌های مخزن را فراهم می‌سازند. کانال‌های مدفون به عنوان پدیده‌های زمین-شناسی قابل توجهی محسوب می‌شوند که خطرات حفاری را پیش بینی می‌کنند، که باید قبل از حفاری بر روی داده‌های لرزه‌ای شناسایی شوند. کشف منابع جدید هیدروکربوری در حوضه رسوبی دشت آبادان مانند میادین آزادگان، یادآوران و دارخوین در چند سال گذشته بیانگر ضرورت انجام مطالعات جامع‌تر زمین‌شناسی در این حوضه رسوبی به منظور شناخت بهتر نحوه رسوب گذاری و

^۱ Gaussian smoothing

^۲ edge tracking

^۳ Zhao and Yue

^۴ three parameters wavelet(TP wavelet)

^۵ formation

شکل‌گیری ساختارهای ساختمانی و چین‌های آن است، بنابراین شناسایی کانال‌های مدفون که خطرات حفاری را پیش‌بینی می‌کنند و می‌توانند محل مناسبی برای تجمع هیدروکربن باشند و نوعی تله‌های نفتی هستند که بر روی تراوایی و تخلخل مخازن هیدروکربن تاثیر می‌گذارند، می‌توانند مهم و ضروری باشند. باتوجه به اینکه این رخدادها اغلب در داده‌های لرزه‌ای بازتابی به وضوح قابل مشاهده نیستند و به دلیل وجود نوفه و بازتاب‌های ضعیف، تشخیص و تعیین مرزهای دقیق آن‌ها کار شواری است بنابراین در این تحقیق با استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای و روش‌های لبه‌یابی به شناسایی و تشخیص کانال مدفون پرداخته شده است.

۱-۴ ساختار پایان نامه

در فصل اول این پایان‌نامه به بیان اهمیت کانال مدفون و هدف مطالعه آن در لرزه‌شناسی پرداخته شده است و سپس تاریخچه کارهای انجام شده برای شناسایی کانال مدفون با استفاده از نشانگرهای لرزه‌ای و همچنین تاریخچه لبه‌یابی، لبه‌یابی در لرزه‌شناسی، لبه‌یابی چندمقیاسی غیر لرزه‌ای و لبه‌یابی چندمقیاسی لرزه‌ای توسط محققین به صورت اجمالی بحث شده است. در فصل دوم در ابتدا نشانگرهای لرزه‌ای مناسب برای شناسایی کانال مدفون معرفی شده است. درباره تبدیلاتی مانند: تبدیل فوری، تبدیل فوریه زمان-کوتاه و تبدیل موجک پیوسته توضیحاتی ارائه شده است و باتوجه به اینکه موضوع اصلی این تحقیق لبه‌یابی است به تعریف لبه، روش‌های لبه‌یابی و مزایا و معایب آن‌ها به صورت مفصل پرداخته شده است. تئوری دو روش تلفیق به کاررفته در این تحقیق که RGB و PCA هستند به صورت خلاصه بیان شده است و در نهایت یک طرح کلی درباره‌ی روش تحقیق ترسیم شده است.

در فصل سوم در روش پیشنهادی ابتدا تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۰ تا ۴۵ هرتز بر روی داده‌ی لرزه‌ای واقعی اعمال شده سپس نشانگرهای لرزه‌ای مناسب بر روی

هرکدام از فرکانس‌های تبدیل موجک پیوسته انجام شده است سپس تجزیه تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز برای ترکیب به روش RGB انتخاب شدند و برای تلفیق افق زیاد (بیش از ۳ عدد) که با فرکانس‌ها و نشانگرهای متفاوت از روش PCA استفاده شده است که هر دو روش نتایجی خوبی ارائه دادند.

فصل چهارم شامل نتایج به دست آمده از این تحقیق که با تکنیک به کار رفته توانستیم شاخه‌های اصلی و کراس اسپیلی کانال مدفون را به خوبی و با درجه وضوح بهتری دیده شود. در نهایت برای ادامه تحقیق و بهروری آیندگان پیشنهاداتی ارائه شده است.

فصل ۲: تئوری روش

۱-۲ نشانگرهای لرزه‌ای

نشانگرهای لرزه‌ای^۱ در حوزه‌های زمان، فرکانس و زمان-فرکانس توابعی ریاضی مشتق شده از داده‌های لرزه‌ای هستند. داده‌های لرزه‌ای شامل جذب، فرکانس، دامنه و زمان است. بر طبق پژوهش‌های جدید، جذب انرژی، نشانگرهای هستند که در داده‌های لرزه‌ای می‌تواند مرتبط با سیال و نفوذپذیری باشند. نشانگرهای مشتق شده از فرکانس حاوی داده‌هایی در رابطه با خصوصیات مخزن هستند در صورتی که نشانگرهای حاصل از دامنه شامل داده‌های مخزنی و چینه‌شناسی می‌باشند و نشانگرهای مشتق شده از زمان شامل داده‌های ساختمانی هستند. استخراج نشانگرهای لرزه‌ای از روی داده‌های لرزه‌ای در مرحله‌های قبل و بعد از برانبارش می‌توانند صورت بگیرد. در یک محدوده و برای بررسی توزیع یک ویژگی مانند تخلخل، امکان اندازه‌گیری تغییرات نشانگر لرزه‌ای وجود دارد. بین دو افق و یا روی یک برش زمانی نشانگرهای لرزه‌ای بعد از برانبارش می‌توانند حاصل شوند. نشانگرهای حجمی، نشانگرهایی هستند که بین دو افق یا بین دو زمان معین تفسیر شده، محاسبه می‌شوند در صورتی که نشانگرهای سطحی روی یک افق یا یک سطح محاسبه می‌گردند بنابراین نشانگرهای لرزه‌ای می‌توانند حجمی یا سطحی باشند [۴۱].

^۱ Seismic Attributes

۲-۲ نشانگرهای لرزه‌ای مناسب برای شناسایی کانال مدفون

۱-۲-۲ نشانگر شباهت^۱

نشانگر شباهت نوع خاصی از نشانگر همدوسی^۲ است که چه مقدار از دو ردلرزه^۳ به هم شبیه هستند را شناسایی می‌کند. این نشانگر مقادیری بین صفر تا یک را در بر می‌گیرد. هنگامی که مقدار عددی این نشانگر صفر باشد بیانگر این است که بین دو ردلرزه هیچ گونه شباهتی وجود ندارد اما وقتی که مقدار عددی یک باشد نشان‌دهنده‌ی این است که دو ردلرزه از نظر شکل موج و دامنه به طور کامل یکسان هستند [۴۲]. زمانی که یک ردلرزه نسبت به خودش به اندازه‌ی ۱۸۰ درجه تغییر فاز داشته باشد در آن صورت مقدار نشانگر شباهت صفر خواهد شد. رابطه‌ی (۱-۲) مقدار عددی نشانگر شباهت را نشان می‌دهد.

$$Sim = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2}} \quad (1-2)$$

x و y دو ردلرزه هستند که در صورت کسر میزان فاصله اقلیدسی^۴ این دو بردار محاسبه شده و به مجموع طول بردارها تقسیم می‌شود [۴۳].

^۱ Similarity Attribute

^۲ Coherency Attribute

^۳ Trace

^۴ Euclidean distance

۲-۲-۲ نشانگر همدوسی^۱

نشانگر همدوسی بر طبق همبستگی^۲ متقابل ردلرزه‌های مجاور ردلرزه‌ی اصلی به دست می‌آید. یک رد لرزه مبنا ابتدا در نظر گرفته می‌شود و سپس در مجاورت آن دو یا چند ردلرزه‌ی دیگر در راستای inline و crossline در محاسبات وارد می‌شوند و در نتیجه نشانگر همدوسی در مقطع لرزه‌ای به صورت سه‌بعدی محاسبه می‌شود. رابطه (۲-۲) طریقه به دست آوردن نشانگر همدوسی در راستای خط گیرنده p_x و در زمان t بین ردلرزه‌های داده‌ی u در موقعیت‌های (x_i, y_i) و (x_{i+1}, y_i) را نمایش می‌دهد.

$$p_x = (t, l, x_i, y_i) = \frac{\sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u(t-\tau, x_i, y_i) u(t-\tau, x_{i+1}, y_i)}{\sqrt{\sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u^2(t-\tau, x_i, y_i) \sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u^2(t-\tau-l, x_{i+1}, y_i)}} \quad (2-2)$$

2ω طول لحظه‌ای پنجره همبستگی می‌باشد. همبستگی متقابل m تاخیر در امتداد خط چشمه p_y در زمان t بین ردلرزه‌های داده‌ی u در موقعیت‌های (x_i, y_i) و (x_i, y_{i+1}) ، به صورت رابطه‌ی (۲-۳) بیان می‌شود [۴۴].

$$p_y = (t, m, x_i, y_i) = \frac{\sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u(t-\tau, x_i, y_i) u(t-\tau-m, x_{i+1}, y_i)}{\sqrt{\sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u^2(t-\tau, x_i, y_i) \sum_{\tau=-\omega}^{+\omega} u^2(t-\tau-m, x_{i+1}, y_i)}} \quad (3-2)$$

۳-۲-۲ نشانگر انرژی^۳

این نشانگر از نشانگرهای پرکاربرد است که محاسبه آن به این صورت است که مقدار انرژی از

^۱ Semblance

^۲ Correlation

^۳ Energy Attribute

مجموع مربعات دامنه‌ها در محدوده‌ی پنجره‌ی زمانی t_1 و t_2 مطابق رابطه‌ی (۴-۲) حاصل می‌شود که در آن τ بیانگر گام‌های درون پنجره‌ی زمانی است. این نشانگر به طور عمده در شناسایی و تشخیص دودکش‌های گازی^۱ مورد استفاده می‌شود [۴۵].

$$E(t, x, y, t_1, t_2) = \sum_{\tau=t_1}^{t_2} u(t+\tau, x, y)^2. \quad (4-2)$$

۴-۲-۲ نشانگر دامنه لحظه‌ای^۲

کاربردهای این نشانگر در تعیین تغییرات مقاومت صوتی زمین، شناسایی ناهنجاری لکه‌ی روشن که با انباشتگی گاز درون مخزن معمولاً ارتباط دارد، تعیین توالی مرزها، همبستگی مکانی با تخلخل و سایر تغییرات سنگ شناسی است. نشانگر دامنه لحظه‌ای طبق رابطه (۵-۲) که در آن $x(t)$ بیانگر تغییرات دامنه‌ی ردلرزه در راستای محور x و $y(t)$ نشان‌دهنده‌ی تغییرات دامنه ردلرزه در راستای محور y بیان می‌شود [۴۶].

$$a(t) = \sqrt{x(t)^2 + y(t)^2} \quad (5-2)$$

۵-۲-۲ نشانگر میانگین ریشه مربع دامنه^۳

نشانگر میانگین ریشه مربع دامنه به صورت ریشه دوم متوسط مربعات دامنه لحظه‌ای در یک سیکل کامل تعریف می‌شود که این نشانگر با قدرت انعکاس خود، توانسته لکه‌های روشن و ناهنجاری‌های دامنه و سرعت موج را مستقل از تاثیرات شیب محلی را تشخیص و شناسایی کند و همچنین به صورت دقیق رخساره‌ها و نهشته‌های دانه درشت (نسبت شن و ماسه به شیل) و ناپیوستگی‌های موجود را مورد بررسی قرار می‌دهد. در رابطه (۶-۲)، نمونه N به‌عنوان ریشه دوم از

^۱ Gas Chimney

^۲ Instantaneous amplitude

^۳ Root Mean Square Amplitude(RMS)

مجموع مقدار ردلرزه‌های مربع x ، جایی که w و n برابر مقادیر پنجره است [۴۷].

$$X_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N w_n x_n^2} \quad (۶-۲)$$

۶-۲-۲-۱ نشانگر پرویت^۱

پرویت یک فیلتر تقویت کننده‌ی تباین است. این فیلتر شیب را در جهات مختلف از یک مکعب

۳×۳ محاسبه می‌کند که خروجی را در جهت مشخص شده (crossline، inline و صفحه‌ی Z) را

نشان می‌دهد. یک کرنل پرویت ۳×۳ برای محاسبه شیب افقی به صورت شکل ۱-۲ انجام می‌شود:

$$(1,0,-1)(1,0,-1)(1,0,-1)$$

$$(1,0,-1)(1,0,-1)(1,0,-1)$$

$$(1,0,-1)(1,0,-1)(1,0,-1)$$

شکل ۱-۲. محاسبه شیب افقی نشانگر پرویت [۴۸].

نکته مهم این است که شیب inline اختلاف دامنه را در جهت inline را نشان می‌دهد که این

بهترین حالت روی crossline مشاهده می‌شود. به طور مشابه، یک شیب crossline به بهترین شکل

در inline دیده می‌شود. یک کرنل پرویت ۳×۳ شیب عمودی را به صورت ۲-۲ نشان می‌دهد.

$$(-1,-1,-1)(-1,-1,-1)(-1,-1,-1)$$

$$(0,0,0)(0,0,0)(0,0,0)$$

$$(1,1,1)(1,1,1)(1,1,1)$$

شکل ۲-۲. محاسبه شیب عمودی نشانگر پرویت [۴۸].

^۱ Prewitt Attribute

۲-۲-۷ نشانگر فیلتر گرابس^۱

آزمایش فیلتر گرابس (به عنوان حداکثر آزمایش باقی مانده نرمال شناخته شده است) یک روش آماری برای شناسایی داده‌های خارج از محدوده (داده پرت) از مجموعه داده‌های یک متغیره مفروض از یک جمعیت نرمال توزیع شده مورد استفاده می‌شود. این نشانگر مبتنی بر فرض نرمال بودن است یعنی قبل از اینکه داده‌ها به کار برده شوند باید تاکید کرد که داده‌ها می‌توانند با استفاده از توزیع نرمال تقریب زده شوند. این آزمایش هریک از نقاط خارج از محدود را تشخیص می‌دهد و سپس آن‌ها را از مجموعه داده‌ها حذف می‌کند و این آزمایش را تا زمانی این نقاط را تشخیص نداده باشد، تکرار می‌شود. باید توجه داشت که تکرارهای متعدد احتمال شناسایی را تغییر می‌دهند و آزمایش نباید برای اندازه نمونه‌های شش یا کمتر از آن استفاده شود زیرا غالباً علامت پیک (چین) را به عنوان خارج از محدوده در نظر می‌گیرد.

۲-۲-۸ نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری^۲

واریانس همانند انترپی اندازه‌گیری پراکندگی اطراف میانگین است. که به تفاوت پراکندگی بین پیکسل‌های مرجع و مجاور (همسایه) در ناحیه ورودی (حجم) پاسخ می‌دهد. واریانس ماتریس هم-رخداد سطح خاکستری در اندازه‌گیری بافت همان کار واریانس (که یک پدیده رایج در آماری توصیفی است) را انجام می‌دهد که به میانگین و پراکندگی در اطراف میانگین مقادیر سلول درون ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری بستگی دارد. درحالی که واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری از ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری استفاده می‌کند، بنابراین به صورت ویژه با اختلاف بین میانگین ترکیب پیکسل‌های مرجع و همسایه (مجاور) سر و کار دارد، از این رو همان واریانس

^۱ Grubbs filter Attribute

^۲ Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Variance

ساده سطوح خاکستری در تصویر نیست. واریانس محاسبه شده با استفاده از i یا z نتیجه مشابهی را به دست می دهد ، زیرا GLCM متقارن است. رابطه (۷-۲) نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری را نشان می‌دهد که در آن $p_{i,j}$ پیکسل انتخاب شده و N تعداد نمونه است. مقدار $GLCM$ برای جهات مختلف متقارن است بنابراین همان مقدار برای $p_{i,j}$ به دست می‌آید [۴۸].

$$Variance \sigma_i^2 = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} (i - \mu_i)^2 = \sigma_j^2 = \sum_{i,j=0}^{N-1} P_{i,j} (j - \mu_j)^2 \quad (7-2)$$

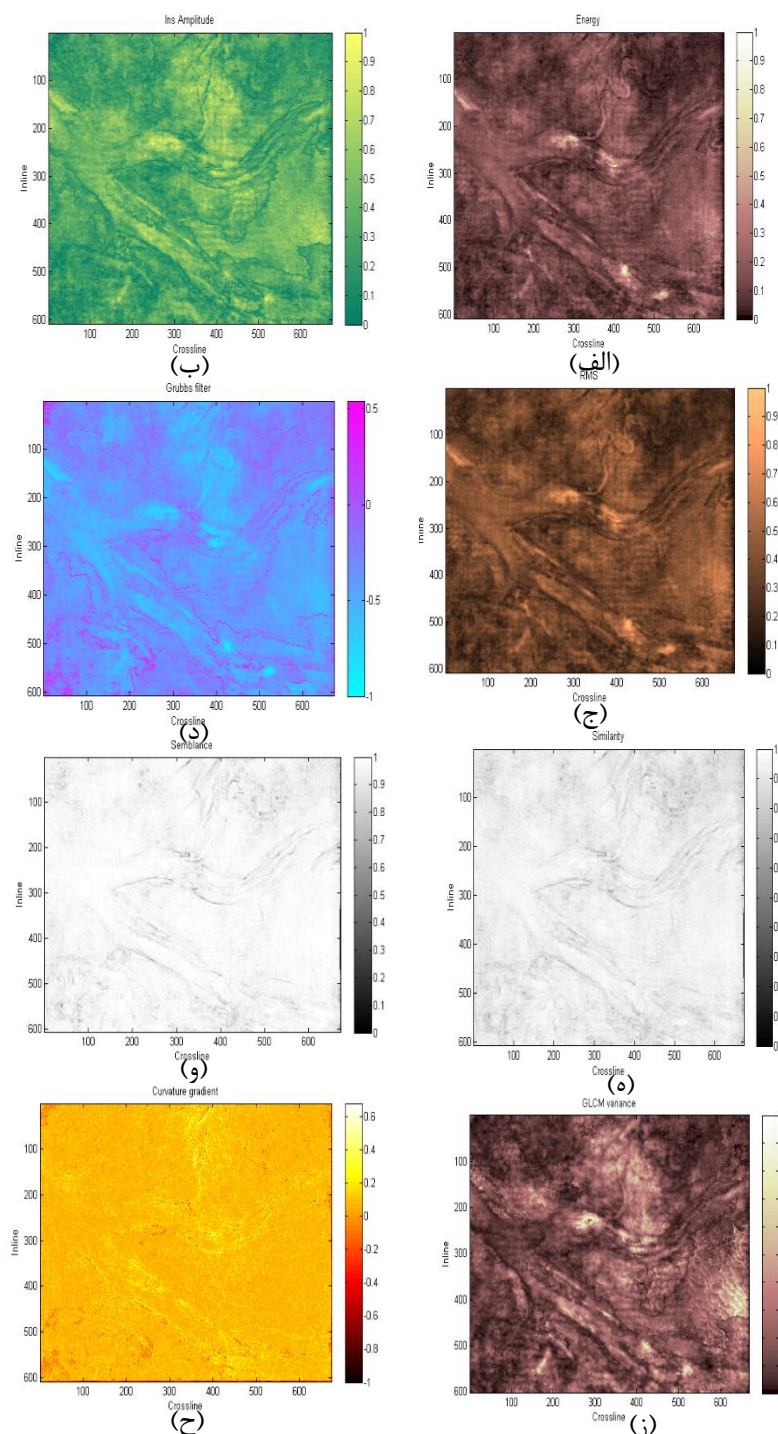
۲-۲-۹ نشانگر شیب انحنا^۱

انحنای پدیده‌های زمین شناسی باید دقیقاً در تمام جهات تعریف شود تا یک مدل زمین شناسی جامع از شرایط زیرسطحی ساخته شود. بنابراین، نشانگر شیب انحنا برای بیان تغییر انحنا در همه جهات ارائه شده است . نشانگرهای انحنای شیب دار شکستگی ها و گسل ها را در همه جهات و همچنین توزیع و تراکم شکستگی ها را تعریف می کند . اگر شکستگی مربوط به وقایع تکتونیکی باشد ، بنابراین نشانگر انحنا همچنین می تواند جهت گیری تنش تکتونیکی را در محیط زیر سطح را نشان دهد. از نشانگر انحنای شیب غالباً برای تشخیص شکستگی و مدل سازی ساختاری در مخازن نفتی استفاده می شود. اگر رسوبات کانال را پر کنند و محیط بسته حاوی کنتراست قابل توجهی در خواص لرزه ای باشد ، می تواند برای تعیین مرزهای کانال های مدفون استفاده شود. نشانگر انحنای شیب (K_{2D}') در مکعب لرزه ای سه بعدی در جهت x و z مطابق رابطه (۸-۲) تعریف شده است [۴۹].

^۱ Curvature gradient

$$k'_{VD} = \frac{d}{dx} \left[\frac{\frac{d^r z}{dx^r}}{\left(1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^r\right)^{r/r}} \right] \frac{dx}{ds} = \frac{\frac{d^r z}{dx^r}}{\left(1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^r\right)^{r/r}} - \frac{r \left(\frac{d^r z}{dx^r}\right)^r \frac{dz}{dx}}{\left(1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^r\right)^{r/r}} \quad (۸-۲)$$

اعمال نشانگرهای مناسب بر روی افق به‌دست از داده‌های لرزه‌ای در شکل ۲-۳ آورده شده است.



شکل ۲-۳: اعمال نشانگرهای (الف) انرژی، (ب) دامنه لحظه‌ای، (ج) میانگین ریشه مربعات دامنه، (د) فیلتر گرابس، (ه) شباهت، (و) همدوسی، (ز) واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری و (ح) شیب

انحنا بر روی افق لرزه‌ای

۳-۲ تبدیل فوریه^۱

برای به دست آوردن اطلاعات اضافه‌ای که در سیگنال خام اولیه در دسترس نیست، یک تبدیل ریاضی بر روی یک سیگنال اعمال می‌شود. به سیگنالی که در حوزه زمان است، سیگنال خام می‌گویند. سیگنال در حوزه زمان دامنه مقادیر مختلف سیگنال را برحسب زمان نمایش می‌دهد که این امر بهترین شکل برای توصیف یک سیگنال نیست زیرا بسیاری از اطلاعات آن در محتوای فرکانسی نهفته است که در حوزه زمان قابل مشاهده نیستند بنابراین ابزاری که برای سنجش محتوای فرکانسی یک سیگنال از آن استفاده می‌شود، تبدیل فوریه است [۵۰].

۴-۲ تبدیل فوریه زمان کوتاه^۲

تبدیل فوریه پنجره‌ای که به آن تبدیل فوریه زمان کوتاه گفته می‌شود توسط گابور^۳ در سال ۱۹۴۶ معرفی شده است که این تبدیل اولین گام در استفاده از روش‌های زمان - فرکانس می‌باشد. تبدیل فوریه زمان - کوتاه سیگنال $x(t)$ که از یک پنجره حقیقی و متقارن $g(t) = g(-t)$ استفاده می‌کند طبق رابطه (۹-۲) تعریف می‌شود.

$$STFT(u, \Omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)g(t-u)e^{-i\Omega t} dt \quad (9-2)$$

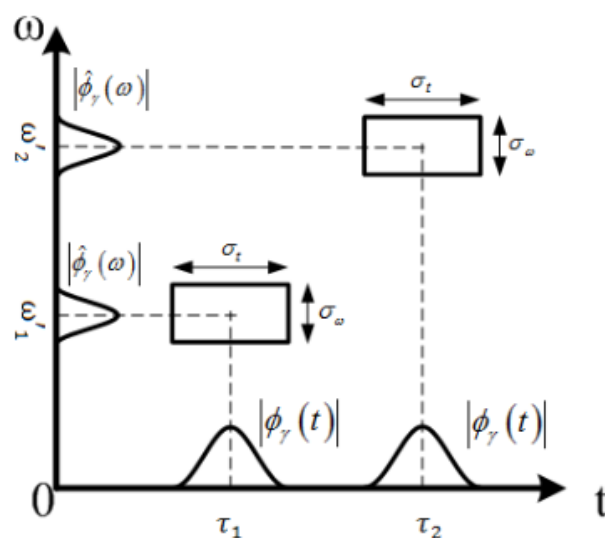
در این روش انتخاب بخشی از سیگنال مورد نظر به این صورت که یک تابع پنجره در حوزه زمان به طول محدود و زمان مرکزی مشخص بر روی سیگنال اعمال می‌شود بنابراین تبدیل فوریه بر روی سیگنال به صورت محلی بررسی می‌شود. به گونه‌ای طول پنجره مورد نظر گرفته شود که بتوان

^۱ Fourier Transforms

^۲ Short-time Fourier Transforms(STFT)

^۳ Gabor

بخش کوچک انتخاب شده از سیگنال را به صورت پایا فرض کرد. سپس یک طیف فوریه محلی از سیگنال در اثر اعمال تبدیل فوریه بر روی سیگنال پنجره‌ای شده که به زمان مرکزی آن نسبت داده می‌شود، به وجود می‌آید. با تکرار این مراحل برای پنجره‌ها با زمان مرکزی مختلف، سیگنال مورد نظر که تابعی از زمان بود تحت فرآیند ذکر شده به تابعی از زمان-فرکانس تبدیل می‌شود. به عبارت دیگر توزیع فرکانسی بر حسب زمان به دست می‌آید [۵۱].



شکل ۲-۴. جعبه هایزنبیگ در تبدیل فوریه زمان کوتاه [۵۲].

۲-۵ تبدیل موجک^۱

در حوزه پردازشی و به ویژه پردازش سیگنال و تصویر، تبدیل موجک یکی از پرکاربردترین تبدیلات ریاضی است. این تبدیل به دلیل داشتن ماهیت آنالیز با تفکیک چندگانه، جایگزین بسیاری از کاربردهای پردازشی شده است و گاهی به عنوان قدرتمندترین ابزار نشان داده می‌شود. در ادامه به بررسی مبانی تبدیل موجک پیوسته پرداخته خواهد شد.

^۱ Wavelet Transforms

۲-۶ تبدیل موجک پیوسته

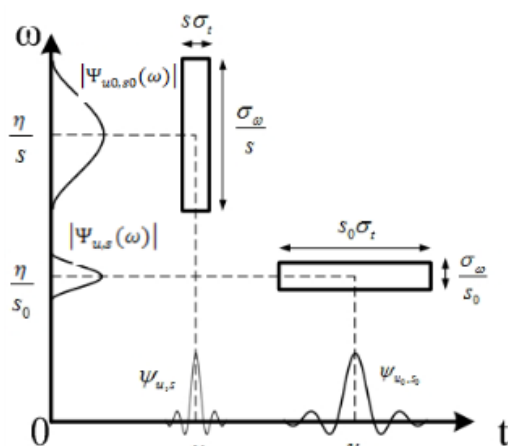
تبدیل موجک پیوسته جهت غلبه بر مشکلات مربوط به قدرت تفکیک در تبدیل فوریه زمان-کوتاه به وجود آمده است، بنابراین این تبدیل به عنوان روشی جایگزین برای تبدیل فوریه زمان - کوتاه ارائه شده است. شباهت تبدیل موجک پیوسته با تبدیل فوریه زمان-کوتاه در این است که سیگنال مورد نظر در تبدیل موجک پیوسته مانند تبدیل فوریه زمان -کوتاه در یک تابع (موجک) ضرب می شود که در واقع نقش همان تابع پنجره را ایفا می کند و همچنین تبدیل موجک پیوسته همانند تبدیل فوریه زمان-کوتاه به صورت جداگانه روی قسمت های زمانی مختلف سیگنال انجام می گیرد. علاوه بر شباهت های ذکر شده تفاوت هایی بین این دو تبدیل وجود دارد. از سیگنال پنجره شده در تبدیل موجک، تبدیل فوریه گرفته نمی شود این به دین معنی است که در این تبدیل فرکانس های منفی محاسبه نمی شوند و علاوه بر این مهم ترین ویژگی تبدیل موجک پیوسته این است که عرض پنجره به موازات تغییر مولفه های فرکانسی تغییر می کند.

تبدیل موجک پیوسته براساس رابطه ی (۲-۱۰) بیان می شود.

$$CWT_x^{\psi} = \psi_x^{\psi}(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi^* \left(\frac{t-\tau}{s} \right) dt \quad (2-10)$$

در که آن به ترتیب s و τ پارامترهای انتقال و مقیاس هستند که انتقال میزان جابه جایی پنجره را مشخص می کند و اطلاعات زمانی تبدیل در آن نهفته است که مشابه این مفهوم در تبدیل فوریه زمان-کوتاه، انتقال زمانی می باشد. لازم به ذکر است که برخلاف تبدیل فوریه زمان-کوتاه، در تبدیل موجک پیوسته به طور مستقیم پارامتر فرکانس وجود ندارد و پارامتر مقیاس جایگزین فرکانس می باشد که این دو پارامتر رابطه معکوس با هم دارند. در تبدیل موجک پیوسته مقیاس های بزرگتر (فرکانس های کوچکتر)، دید کلی و بدون جزئیات از سیگنال را نشان می دهند در صورتی که

مقیاس‌های کوچکتر (فرکانس‌های بزرگتر) متناظر با جزئیات سیگنال هستند. در قدرت تفکیک تبدیل موجک پیوسته نیز با مشکل عدم قطعیت هایزنبرگ مواجه است که شکل ۲-۵ نشان‌دهنده‌ی آن است.



شکل ۲-۵. جعبه هایزنبرگ در تبدیل موجک را نشان می‌دهد [۵۲].

رابطه (۲-۱۱) فرمول تبدیل موجک پیوسته را نشان می‌دهد.

$$F(\sigma, \tau) = \frac{1}{\sqrt{\sigma}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \varphi^*\left(\frac{t-\tau}{\sigma}\right) dt \quad (2-11)$$

در نهایت به صورت گام‌های زیر به طور کلی الگوریتم تبدیل موجک پیوسته بیان می‌شود:

- انتخاب یک موجک انجام می‌گیرد
- با استفاده از پارامترهای مقیاس تعیین شده، موجک به ابتدای سیگنال منتقل می‌شود.
- محاسبه میزان شباهت بین موجک (شیفت داده شده و یا مقیاس دار) و سیگنال انجام می‌شود.

- انتقال موجک با قدرت تفکیک زمانی و یا مکانی به سمت راست صورت می گیرد.
 - تکرار گام‌های سوم و چهارم تا پایان زمان و یا مکان سیگنال انجام می شود.
 - کاهش مقدار ضریب مقیاس یا به عبارت دیگر گسترده می شود
 - تکرار گام‌های دوم تا ششم تا بررسی تمام مقیاس‌ها انجام می شود
 - برگردانده شدن نتیجه محاسبات صورت می گیرد.
- میزان همسانی سیگنال و موجکی که به وسیله σ و τ مقیاس و انتقال می یابد، ضرایبی هستند که از این روش حاصل می شوند [۵۲].

۲-۷ لبه یابی^۱

به فرآیندی که لبه‌های یک تصویر و به نوعی یافتن مقادیر بزرگ اندازه تقریبی بردار گرادیان، در هر نقطه از یک تصویر در مقیاس خاکستری را نشان می دهد را لبه یابی گویند. مزایای آن می توان به کاهش حجم داده برای پردازش از طریق فیلتر کردن اطلاعات غیرمهم در حالی که بسیاری از اطلاعات تصویر که دارای فرکانس بالا می باشند و خصوصیات ساختاری مهمی که منطبق با مرزها و لبه ها هستند، را حفظ می کند [۵۳]. لبه ناپیوستگی ها در شدت تصویر یا اولین مشتق آن است . ناپیوستگی در شدت تصویر از دو نوع است یکی ناپیوستگی پله ای و دومی ناپیوستگی خطی . ناپیوستگی های پله ای به دلیل تغییرات ناگهانی در شدت تصویر است. در حالی که ناپیوستگی های خطی نیز تغییرات ناگهانی در شدت تصویر هستند و پس از طی مسافت مشخص به شدت اصلی برمی گردند. به دلیل هموارسازی که توسط اکثر دستگاه های سنجش^۲، مولفه های کم فرکانس در تصاویر و نوفه خارجی ایجاد شده است، این ناپیوستگی به ندرت در تصاویر واقعی

^۱ Edge detection

^۲ sensing devices

به وجود می‌آیند. بنابراین، لبه‌های تغییر شدت پله‌ای، لبه‌های سطح شیب‌دار و لبه‌های تغییر شدت خطی، لبه‌های سقف را تشکیل می‌دهند [۵۴]. لبه‌های یک تصویر به دلیل اینکه شامل مقادیر زیادی از محتویات تصویر، اساسی‌ترین ویژگی آن تصویر به شمار می‌روند. از این رو یکی از هدف‌های اصلی در بسیاری از سیستم‌های پردازش تصویر، تشخیص لبه است. لبه‌های یک تصویر را می‌توان از طریق ویژگی‌هایی مانند: خطوط، گوشه و کنار، منحنی‌ها و شکستگی‌ها استخراج شوند. در یک تصویر، لبه‌ها تغییرات شدت قابل توجه هستند و به طور معمول در مرزهای بین دو ناحیه رخ می‌دهند [۵۵] بسته به کیفیت تصویر انواع برش‌های عرضی لبه تولید می‌شود. برخی از عوامل جهانی^۱ که به تخریب لبه کمک می‌کنند، عبارتند از:

(۱) اثرات کوانتومی یا نوفه فوتون^۲

(۲) تمرکز زدایی یا تاری^۳

(۳) بی‌نظمی سطح اشیا^۴ [۵۴].

۲-۸ روش‌های تشخیص لبه

برای تشخیص لبه‌های یک تصویر روش‌های زیادی وجود دارد اما در حالت کلی می‌توان آن‌ها را به دو دسته روش‌های مبتنی بر لاپلاسیان و روش‌های مبتنی بر گرادیان تقسیم‌بندی می‌شوند. صفر گذر^۵ را در مشتق دوم تصویر در روش مبتنی بر لاپلاسیان برای یافتن لبه‌ها جستجو کرده، در حالی که لبه‌ها را با جستجو کردن کمینه و بیشینه مقدار مشتق اول تصویر، روش گرادیان پیدا می‌کند. در روش گرادیان یک تغییر کوچک در آن نشان‌دهنده‌ی تغییرات عمده‌ای در تصویر است. برای بیان

^۱ universal factors

^۲ Quantum effects or photon noise

^۳ Defocusing or blurring

^۴ Irregularities of the surface of the objects

^۵ zero cross

تغییرات استفاده از مشتقات، یک روش مناسب است [۵۶]. با توجه به اینکه روش لاپلاسین از مشتق دوم به دست می آید، حساسیت بیشتری نسبت به نوفه دارد بنابراین به طور مستقیم از آن به عنوان آشکارسازی لبه به کار برده نمی شود. در صورتی که می تواند در ترکیب با روش های دیگر آشکارسازی لبه به طور کارآمد در شناسایی لبه استفاده شود [۵۷].

۲-۹ تشخیص لبه براساس روش گرادیان (مشتق اول)

برای شناسایی یک لبه در یک نقطه از یک تصویر، مقدار بزرگی مشتق اول می تواند استفاده شود. در روش های مبتنی بر گرادیان، لبه ها موقعیت پیکسل هایی با گرادیان بالا فرض می شوند. قدرت لبه که برابر با طول بردار گرادیان در موقعیت هر پیکسل و جهت لبه برابر با زاویه بردار گرادیان است، دو خصوصیت مهم هر پیکسل لبه بیان می شوند [۵۶]. مقدار گرادیان وقتی صفر یا نزدیک به صفر در نظر گرفته می شود که آن ناحیه غیر یکنواخت و دارای نوفه است یعنی پیکسل لبه در آنجا وجود ندارد. بردار گرادیان در یک ناحیه با توجه به دامنه پیکسل تعیین می شود که مقدار گرادیان در آن ناحیه که مرز وجود داشته باشد، محاسبه شود.

۲-۱۰ گرادیان تصویر و خصوصیات آن

گرادیان یک ابزاری برای یافتن بزرگی لبه و جهت آن در هر موقعیت (x, y) از یک تصویر f است که با علامت ∇f نمایش داده می شود و طبق رابطه (۲-۱۲) بیان می شود [۵۸].

$$\nabla f = \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2-12)$$

از لحاظ هندسی، بردار گرادیان به جهت بزرگ‌ترین نرخ تغییرات f در موقعیت (x,y) اشاره دارد و بزرگی بردار ∇f برابر است با $M(x,y)$ که را از رابطه (۲-۱۳) محاسبه می‌شود. اندازه نرخ تغییرات در جهت بردار گرادیان نشان دهنده‌ی $M(x,y)$ است. ابعاد ماتریس‌های g_x ، g_y و $M(x,y)$ با ابعاد تصویر اصلی یکسان است.

$$M(x,y) = \text{mag}(\nabla f) = \sqrt{g_x^2 + g_y^2} \quad (2-13)$$

جهت بردار گرادیان را زاویه $a(x,y)$ نمایش می‌دهد که طریقه محاسبه آن باتوجه به جهت مثبت محور x انجام می‌گیرد و دارای ابعاد یکسان با ماتریس‌های g_x و g_y است. در هر نقطه دلخواه (x,y) جهت یک لبه بر جهت بردار گرادیان در آن نقطه، $a(x,y)$ عمود می‌باشد. زاویه $a(x,y)$ برطبق رابطه (۲-۱۴) محاسبه می‌شود [۵۸].

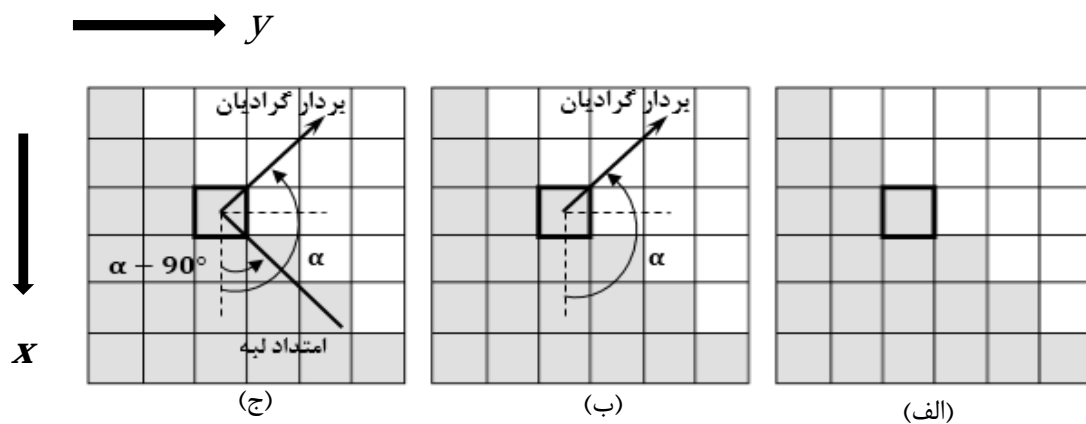
$$a(x,y) = \tan^{-1} \left[\frac{g_y}{g_x} \right] \quad (2-14)$$

یک بخش بزرگ‌نمایی از یک تصویر را که حاوی لبه است، در شکل ۲-۷ نشان داده شده است. هر مربع کوچک معادل یک پیکسل است. پیکسل‌ها در ناحیه سفید مقدار یک و در ناحیه خاکستری مقدار صفر را دارند. در موقعیت پیکسل مشخص شده، هدف به دست آوردن قدرت و جهت لبه می‌باشد. برای درک بیشتر این موضوع، یک مثال از یک همسایگی 3×3 برای محاسبه مشتقات در جهت x و y آورده شده است. از تفاضل ساده‌ی پیکسل‌های سطر بالا از پیکسل‌های سطر پایین واقع در این همسایگی، گرادیان در جهت x حاصل می‌شود. گرادیان در جهت y نیز به طور مشابه از طریق تفاضل بین پیکسل‌ها در ستون چپ از پیکسل‌های سمت راست، به دست می‌آیند. از این رو، در نقطه مورد نظر بردار گرادیان طبق رابطه (۲-۱۵) محاسبه می‌شود. بردار گرادیان، $M(x,y)$ ، اندازه‌ی عددی

آن برابر است با $2\sqrt{2}$ و جهت آن، $a(x,y)$ ، در این نقطه طبق رابطه (۲-۱۳) برابر ۴۵° - درجه که معادل ۱۳۵° در راستای مثبت محور x است.

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ 2 \end{bmatrix} \quad (۲-۱۵)$$

تمام نقاط لبه در شکل ۲-۶(الف) همان گرادیان را دارند. شکل ۲-۶(ب) نشان دهنده بردار گرادیان و جهت آن در صورتی که شکل ۲-۶(ج) امتداد لبه را نمایش می‌دهد که در هر نقطه بر بردار گرادیان عمود است. از این رو، زاویه لبه در این مثال $90^\circ - \alpha$ است که تمام بخش لبه در جهت 45° درجه است. گاهی اوقات بردار گرادیان را لبه نرمال نام برده می‌شود [۵۸].



شکل ۲-۶. شیوه محاسبه اندازه عددی بردار گرادیان و امتداد لبه در یک تصویر [۵۸].

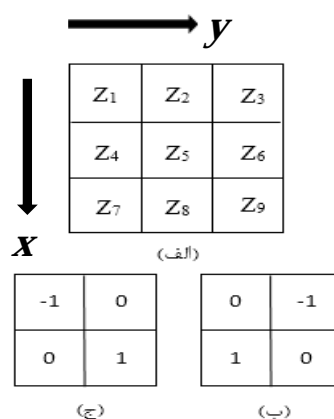
۲-۱۱ عملگرهای تشخیص لبه بر مبنای گرادیان

گرادیان برای یک تابع پیوسته ایده‌آل بیان می‌شود. مقدار گرادیان را برای تصاویر گسسته را می‌توان با استفاده از برخی عملگرها برآورد کرد [۵۶]. گرادیان یک تصویر را با استفاده از محاسبه مشتقات

جزیی $\frac{\partial f}{\partial x}$ و $\frac{\partial f}{\partial y}$ در موقعیت هر پیکسل از تصویر انجام می‌گیرد. در ادامه عملگرهای محاسبه گرادیان یعنی عملگرهای رابرتز، پرویت، کنی و سوبل معرفی خواهند شد. عملگر رابرتز، یکی از ابتدایی‌ترین عملگرهای دو بعدی محسوب می‌شود. این عملگر یک گرادیان دو بعدی مکانی را روی تصویر انجام می‌دهد. لبه‌های افقی و عمودی را به صورت جداگانه‌ای استخراج کرده و سپس آن‌ها را در کنار هم به‌عنوان نتیجه تشخیص لبه قرار می‌دهد که این کار هدف اصلی عملگر رابرتز است. نواحی با فرکانس بالا توسط دو فیلتر رابرتز برجسته شده و سپس آن‌ها را به‌عنوان لبه‌ی یک شیء در تصویر بیان می‌کند. هدف این دو فیلتر استخراج لبه‌های قطری در تصویر طراحی شدند. مطابق شکل ۲-۶ (الف) یک همسایگی 3×3 فرض شده است که در آن مقادیر دامنه پیکسل‌ها، $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, Z_7, Z_8, Z_9$ هستند. مشتق در جهات قطری را برای پیکسل Z_5 مطابق روابط (۲-۱۶) و (۲-۱۷)، روش رابرتز محاسبه می‌کند. این مشتقات می‌توانند توسط عملگرهای شکل ۲-۷ (ب) و (ج) بر روی تصویر اعمال شوند [۵۸].

$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = z_9 - z_5 \quad (2-16)$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = z_8 - z_6 \quad (2-17)$$



شکل ۲-۷. (الف) همسایگی 3×3 تصویر، (ب) عملگر افقی رابرتز، (ج) عملگر افقی رابرتز را نشان می‌دهد [۵۸].

۲-۱۱-۱ عملگر رابرتز^۱

عملگر رابرتز یک عملگر ۲×۲ است در صورتی که عملگرهای ۳×۳ نسبت به نقطه مرکزی متقارن هستند، نتیجه ویژگی‌های تصویر را در جهات مختلف نقطه مرکزی می‌توانند بررسی کرده و از لبه اطلاعات دقیق‌تری فراهم کنند.

۲-۱۱-۲ عملگر پرویت^۲

برای یک همسایگی ۳×۳ ساده‌ترین تقریب مشتق برطبق روابط (۲-۱۸) و (۲-۱۹) حاصل می‌شود. اختلاف بین ستون سوم و اول تقریب مشتق در جهت y و تقریب مشتق در جهت x حاصل اختلاف بین سطر سوم و اول است. پنجره‌های ۳×۳ را مطابق شکل ۲-۸ را این توابع می‌سازند. این عملگر که از یک زوج عملگر ۳×۳ برای تخمین گرادیان در جهت افقی و دیگری در جهت عمودی استفاده می‌کند، پرویت نامیده می‌شود.

$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + z_8 + z_9) - (z_1 + z_2 + z_3) \quad (2-18)$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + z_6 + z_9) - (z_1 + z_4 + z_7) \quad (2-19)$$

^۱ Roberts

^۲ Prewitt

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

(ب)

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

(الف)

شکل ۲-۸. عملگر پرویت، (الف) عملگر افقی، (ب) عملگر عمودی [۵۸].

۲-۱۱-۳ عملگر کنی^۱

عملگر کنی برای تعیین لبه‌های تصویر از یک روش چند مرحله‌ای استفاده می‌کند. روش کنی در پنج مرحله‌ی زیر قابل اجرا می‌باشد:

- هموارسازی^۲: در این مرحله تصویر برای حذف نوفه هموار می‌شود.
- یافتن گرادیان: انتخاب لبه‌ها در جایی که گرادیان تصویر بزرگترین مقدار را دارد
- حذف^۳ نقاط غیر حداکثر: فقط حداکثرهای محلی، به‌عنوان لبه شناسایی می‌شوند.
- تعیین آستانه: با استفاده از یک آستانه لبه‌های بالقوه مشخص می‌شوند.
- ردیابی لبه توسط نقاط باقی مانده^۴: با حذف همه نقاطی که قطعا" به یک لبه مربوط نیستند، لبه‌های نهایی مشخص می‌شوند. تشخیص لبه با استفاده از روش کنی پیچیده است به همین دلیل برای محاسبه نتایج به طور قابل توجهی زمان طولانی‌تری می‌برد [۵۶].

^۱ Canny
^۲ Smoothing
^۳ suppression
^۴ hysteresis

۲-۱۱-۴ عملگر سوبل^۱

سوبل، مقدار عددی گرادیان مکانی دو بعدی را روی تصویر محاسبه می‌کند و به عنوان ورودی برای یافتن مقدار گرادیان مطلق تقریبی در هر نقطه از تصویر سطح خاکستری استفاده می‌شود. فیلتر سوبل مشابه عملگر پرویت است در حالی که تفاوت آن‌ها در این است که در فیلتر سوبل یک وزن ثابت ۲، در عناصر مرکزی همسایگی برطبق روابط (۲۰-۲) و (۲۱-۲) ضرب می‌شود. برروی پیکسل‌های مرکزی عملگر سوبل تأکید بیشتری دارد. مطابق شکل ۲-۹، مشتقات روابط (۲۰-۲) و (۲۱-۲) بر مبنای پنجره ۳×۳ سوبل انجام شده که برای تخمین گرادیان در جهت افقی و عمودی استفاده می‌شوند.

$$g_x = \frac{\partial f}{\partial x} = (z_7 + 2z_8 + z_9) - (z_1 + 2z_2 + z_3) \quad (20-2)$$

$$g_y = \frac{\partial f}{\partial y} = (z_3 + 2z_6 + z_9) - (z_1 + 2z_4 + z_7) \quad (21-2)$$

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(ب)

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(الف)

شکل ۲-۹. عملگر سوبل، (الف) عملگر افقی و (ب) عملگر عمودی را نشان می‌دهد [۵۸].

^۱ Sobel

دو عملگر سوبل همانطور که مشاهده می‌شود ترانهاده یکدیگر هستند. عملگر عمودی سوبل تغییرات در جهت x را نشان می‌دهد، یعنی لبه‌های افقی را برجسته می‌کند در صورتی که عملگر افقی سوبل، تغییرات در جهت y را آشکار می‌کند و در نتیجه لبه‌های عمودی را برجسته می‌نماید. بردار گرادیان می‌توان مطابق رابطه (۲-۱۳) محاسبه کرد که لبه‌های شناسایی شده را در دو جهت x و y را به‌عنوان خروجی نشان می‌دهد [۵۸].

۲-۱۲ مقایسه عملگرهای پردازش تصویر

لاپلاسین گوسی^۱ از فیلتر لاپلاسین استفاده می‌کند و به همین دلیل دقت در جهت یابی لبه‌ها را کاهش می‌دهد و اغلب در گوشه‌ها و خم‌ها^۲ که محل تغییر شدت سطح است، به سرعت از کار می‌افتد [۵۹]. فیلتر گاوسی در منظم‌سازی^۳ مشکل تمایز^۴ بسیار مفید است. آشکارسازهای لبه رابرتز نیز در لبه منحنی یک تصویر از بین می‌رود. دو روش معمول تشخیص لبه که در برنامه‌های بینایی ماشین استفاده می‌شود، آستانه^۵ و رویکرد اتصال لبه^۶ می‌باشند که در رویکرد آستانه، می‌توان با استفاده از عملگرهای همسایگی، ناپیوستگی‌ها^۷ در تن^۸ (درجه) خاکستری تصویر را افزایش داد. عملگر رابرتز ساده‌ترین نوع عملگر دیفرانسیل است که تقریباً پنجاه سال پیش پیشنهاد شده است. این عملگر از کرنل‌های هم‌امیخت^۹ 2×2 تشکیل شده است. جایی که ماسک (mask) از 3×3 پیکسل تشکیل شده است، عملگرهای پرویت و سوبل بهبود یافته عملگر رابرتز هستند [۶۰]. به طور کلی، تمام عملگر مبتنی بر شیب، لبه‌های شکسته و ضخیم تولید می‌کنند [۶۱]. با این

^۱ Laplacian of Gaussian (LOG)

^۲ bends

^۳ regularizing

^۴ differentiation

^۵ Thresholding

^۶ edge connection approach

^۷ discontinuities

^۸ tone

^۹ convolution kernels

حال ، در لبه های تیز ، نتایج خوبی توسط همه عملگرها ارائه می شود. در حالی که، قابلیت کار الگوریتم های مبتنی بر شیب به طور قابل توجهی حضور نوفه را کاهش می دهد. عملگر سوبل شدت شیب های محلی را محاسبه می کند و به لبه های پله غیر ایده آل که خوب نیستند، پاسخ می دهد. لاپلاسیان عملگر لبه ایی است که با ایجاد تغییرات کوچک در عملگر سوبل بدست می آید که عملگر مشتق مرتبه دوم نیز نامیده می شود [۶۰]. لبه های مورب^۱ یک تصویر توسط عملگر پرویت به طور موثر شناسایی نمی شوند. یک عملگر شیب لبه و همچنین نقطه جدا شده را تشخیص می دهد [۶۲]. عملگر کنی به دلیل محاسبات پیچیده زمان بر است [۶۳]. عملگرهای مبتنی بر شیب محلی مانند رابرتز ، پرویت، کنی ، سوبل ، لاپلاسیان و لاپلاسیان گوسی به واحد شیب پیکسل محدود می شوند [۶۴]. برخی از اشکالات عملگرهای مبتنی بر شیب در جدول ۱-۲ نشان داده شده است [۶۵]

^۱ Diagonal edges

جدول ۱-۲. برخی از معایب عملگرهای مبتنی بر شیب را نشان می‌دهد [۶۵].

عملگرها	معایب
کلاسیک (سوبل، پرویت)	لبه‌های ضخیم و نادرست تأثیری‌پذیری نسبت به نوفه
گذر صفر، بولی ^۱ (لاپلاسن، مشتق مرتبه دوم)	لبه‌های خالدار ^۲ (لکه دار) و جدا شده ^۳ تأثیری‌پذیری نسبت به نوفه
مار-هیلدرث ^۴ (لاپلاسن گوسی (LOG))	شکستن در گوشه‌ها، خم شدن‌ها و جایی که کار نیروی سطح کم نور متفاوت است. عدم شناسایی لبه در نتیجه استفاده از کانال لاپلاسن لبه‌های خالدار (لکه دار) و پهن
کنی (گوسی)	محاسبات پیچیده تقاطع صفر کاذب ^۵ خسته کننده ^۶ به دلیل هموارسازی تصویر گاوسی گوشه‌ها دچار ابهام شده است عدم مدیریت محلی‌های ریز دانه ^۷
آشکارسازهای رنگی لبه ^۸	محاسبات پیچیده

یکی از دلایل عملکرد ضعیف اکثر تکنیک‌های تشخیص لبه فرض آنها در مورد آنچه باعث ایجاد لبه می‌شود. تغییرات شدت پله در تصاویر توسط اکثر تکنیک‌ها لبه در نظر گرفته می‌شود در حالی که در تصاویر واقعی لبه‌های پله‌ای به لبه‌های سطح شیب دار تبدیل می‌شوند همانطور که در بالا بحث شد این تعمیم این روش‌ها کار بر روی لبه بافت و لبه شدت با مشخصات دلخواه را دشوار می‌کند [۶۶]. علاوه بر این، این آشکارگرهای لبه بر

^۱ Boolean

^۲ Specked

^۳ separated

^۴ Marr-Hildreth

^۵ Fake zero intersection

^۶ Tedious

^۷ Failure to manage fine grain locales

^۸ Coloured Edge Detectors

روی پاسخ در یک مکان واحد پیکسل به عنوان یک مشکل تشخیص لبه کار می کنند با این حال، این روش ها تا حد زیادی ساختار لبه اطراف یک پیکسل مشخص را نادیده می گیرند. در تشخیص لبه ، فرض بر این است که مقیاس یک آشکارساز لبه است و محدوده تغییرات شدت را جستجو می کند [۶۷]. علی رغم اهمیت آن ، هیچ راه حلی واضحی (و شاید هیچ راه حلی) برای تعیین میزان مقیاس وجود ندارد. در حقیقت، توره و پوجیو^۱ اظهار داشتند که به منظور تشخیص صحیح تمام لبه های معنی دار موجود در تصویر ، مشتقات انواع مختلف و مقیاس های مختلف احتمالی مورد نیاز است [۶۸]. در ابتدا با فرض این که استفاده از یک مقیاس تنها کافی نیست، روش های چند مقیاسی قصد دارند از مقیاس مختلف از همان تصویر استفاده کنند. در حالت ایده آل ، استفاده از مقیاس های متعدد منجر به کاهش ابهام ذاتی روش های تک مقیاس می شود [۶۹]. در ادبیات تشخیص لبه چند مقیاس، سه خانواده از روش ها یافته شده که با نحوه مدیریت اطلاعات به دست آمده در مقیاس های مختلف مشخص می شوند:

(۱) تشخیص لبه ها به وضوح در هر مقیاس^۲: این روش ها تشخیص لبه را در مقیاس های مختلف انجام می دهند و نوعی ارتباط بین آنها برقرار می شود . یعنی، آنها در هر مقیاس یک استخراج کامل لبه را انجام می دهند و نتایج را با هم ترکیب می کنند و یک تصویر لبه ای واحد تولید می کنند [۷۰].

(۲) تلفیق اطلاعات از هر مقیاس^۳: این روش ها لبه ها را در مقیاس های مختلف تشخیص نمی دهند ، اما به جای آن نشانه ها^۴ و اطلاعات لبه را جمع آوری^۵ می کنند. یک عبارت جمع شده

^۱ Torre and Poggio

^۲ Detecting the edges explicitly at each scale

^۳ Fusing information from each scale

^۴ cues

^۵ collect

از اطلاعات چند مقیاس با هر پیکسل مرتبط است و بعداً برای تمایز پیکسل‌های لبه استفاده می‌شود. این مورد برای عملگرهای مورفولوژیکی چند مقیاسی توسط دیمین^۱ [۷۱]. یا طبقه بندی بر اساس پلیتوپس^۲ توسط لالیگنت^۳ و همکاران معرفی شده است [۷۲].

۳) استفاده از یک مقیاس واحد، غیر همگن در هر پیکسل یا ناحیه^۴: این روش‌ها مقیاس مورد استفاده در هر پیکسل یا ناحیه را براساس ویژگی‌های محلی تعیین می‌کنند. کاربرد استفاده از این گروه را می‌توان توسط جئونگ و کیم^۵ [۷۳]، به حداقل رساندن یک تابع انرژی یا ایلدر و زاکر^۶ [۷۴]، تعریف حداقل مقیاس قابل اعتماد برای لبه‌های تحت تأثیر تاری کانونی^۷ بیان کرد [۷۵]. بنابراین دلایل عمده لبه‌یابی چند مقیاسی عبارتند از:

- لبه‌ها را در مقیاس ریزتر متمرکز می‌سازد
- مانع از ناپدید شدن سریع لبه‌ها وقتی که مقیاس افزایش پیدا کند. در مقیاس ریز به دلیل نوفه و بی‌نظمی (درهم و برهم بودن) در تصویر بیشتر لبه‌های کاذب هستند که شناسایی می‌شوند اما ساختارهای برجسته تصویر را تشکیل نمی‌دهند.
- لبه‌ها یا لبه‌های مجاور (برای مقیاس‌های بزرگتر، لبه‌ها از مکان اصلی خود جابه‌جا می‌شوند. به همین دلیل بحث در مورد لبه‌های مجاور زمانی که مقیاس‌ها بزرگتر در نظر گرفته می‌شود، منطقی‌تر خواهد بود.) که در هر دو مقیاس ریز و درشت وجود دارند را مورد توجه قرار می‌دهد [۷۶].

^۱ Demin

^۲ polytopes

^۳ Laligant

^۴ Using a single, non-homogeneous scale at each pixel or subregion

^۵ Jeong and Kim

^۶ Elder and Zucker

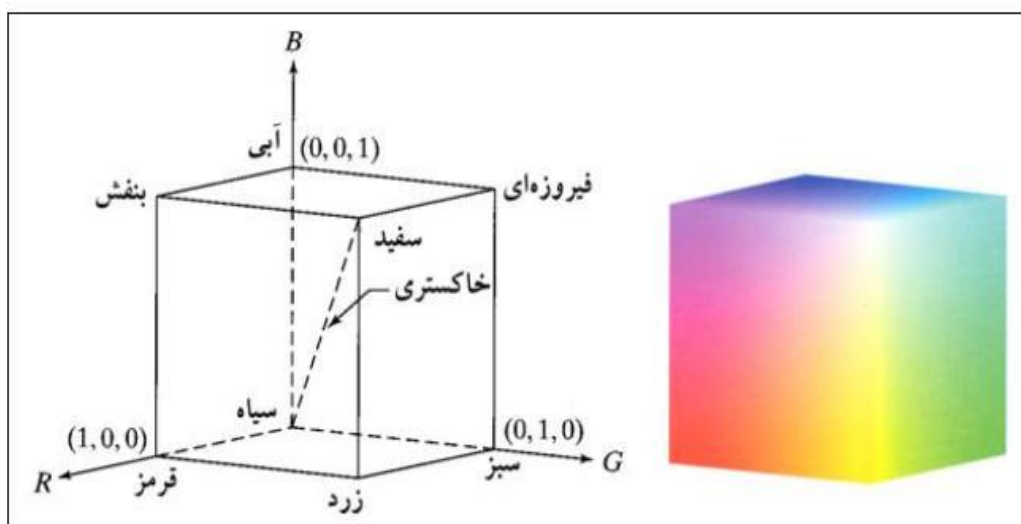
^۷ focal and penumbral blur

۲-۱۳ روش‌های تلفیق

۲-۱۳-۱ روش RGB

در پردازش تصویر رنگ به دلیل اینکه تشخیص هدف و استخراج آن را از یک صحنه، ساده‌تر می‌کند و از آن به عنوان توصیف‌گر قوی نام برده می‌شود و همچنین انسان هزاران درجه رنگ و شدت‌های آن را در مقایسه با حدود بیست و چهار درجه رنگ خاکستری می‌تواند تشخیص و شناسایی کند و علاوه بر این هنگامی که تحلیل دستی تصاویر که به وسیله مغز انسان انجام می‌شود، دارای اهمیت است [۷۷]. تصاویر رنگی در لرزه‌شناسی به‌ویژه در تفسیر داده‌های لرزه‌ای بازتابی کاربرد ویژه‌ای دارد که می‌توان استفاده آن‌ها را در نمایش رنگی نشانگرهای لرزه‌ای، برانبارش رنگی تصاویر تک فرکانس، برانبارش رنگی دورافت‌های نزدیک، میانه و دور و ... را نام برد [۷۸]. RGB دارای سه مولفه‌ی R، G و B که به ترتیب بیانگر مولفه‌های قرمز، سبز و آبی هر پیکسل است. تصاویر حاصل از آن به عنوان تصاویر با رنگ حقیقی شناخته می‌شوند و به صورت یک آرایه $M \times N \times 3$ بیان می‌شوند [۷۹]. مدل RGB، یک مدل دستگاه مختصات دکارتی است که در آن هر رنگ، در مولفه‌های طیفی اصلی قرمز، سبز و آبی نمایان می‌شوند. یک مکعبی که در آن مقادیر اصلی در سه گوشه هستند و رنگ‌های ثانویه فیروزه‌ای، سرخابی و زرد در سه گوشه دیگر می‌باشند، زیر فضای هر رنگ را تشکیل می‌دهد. طریقه قرارگیری رنگ سیاه در مبدأ و رنگ سفید در گوشه‌ای که نسبت به مبدأ در دورترین فاصله می‌باشد. گسترش سطح خاکستری (نقاط دارای RGB یکسان) در این مدل از سیاه تا سفید، در امتداد خطی که این دو نقطه را به هم متصل می‌کنند، قرار گرفته است. بردارهایی که از مبدأ رسم شدند در این مدل، سبب شناسایی رنگ‌های مختلف که در امتداد نقاطی که در داخل یا روی

مکعب واقع شده، می‌شوند. برای سادگی کار همه مقادارهای رنگ طوری نرمال فرض شدند که مکعب مذکور با ابعاد واحد باشد. برطبق شکل ۲-۱۰ همه مقادارهای R، G و B بین صفر و یک هستند. ازاین، برای یک پیکسل (۰،۰،۰) نشان‌دهنده‌ی رنگ سیاه و (۱،۱،۱) بیانگر رنگ سفید مشخص خواهد شد. عمق پیکسل اصطلاحی است که به تعداد بیت‌های مورد استفاده در نشان دادن هر پیکسل در فضای RGB گفته می‌شود. هر یک از مولفه‌های RGB، یک تصویر ۸ بیتی می‌باشد، از این‌رو هر پیکسل یک تصویر RGB عمق ۲۴ بیت دارد. معمولاً در مورد تصویرهای RGB رنگی ۲۴ بیتی، اصطلاح تمام رنگ به کار برده می‌شود. مقدار $16777216 = 2^8^3$ رنگ معادل تعداد کل رنگ‌ها در یک تصویر RGB می‌باشد بنابراین این مقدار تولید رنگ‌های مختلف نشان‌دهنده‌ی توان بالای تصاویر RGB است. در نتیجه مدل رنگی RGB برای تولید تصویر رنگی (مانند تصویربرداری توسط دوربین رنگی و یا نمایش تصویر در صفحه نمایشگرها) بسیار ایده‌آل به نظر می‌رسد [۷۷].



شکل ۲-۱۰. شکل شماتیک مکعب RGB رنگ‌های اصلی و فرعی و همچنین رنگ‌های سیاه و سفید، رئوس مکعب را تشکیل می‌دهند [۷۸].

۲-۱۳-۲ تحلیل مولفه اساسی^۱

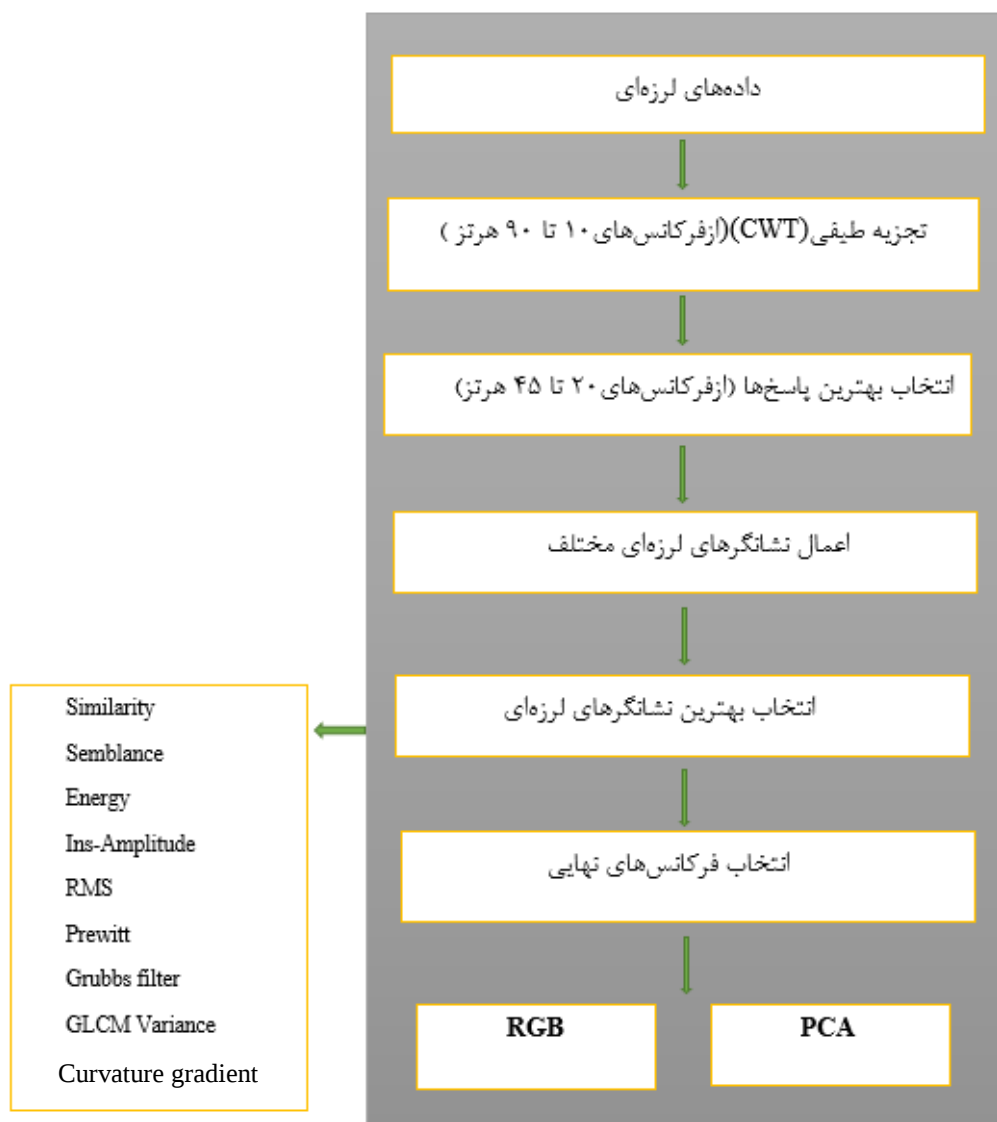
در سال ۱۹۰۱ مفهوم تحلیل مولفه‌های اساسی توسط پیرسن^۲ مطرح شد و سپس به وسیله‌ی هتلینگ^۳ در سال ۱۹۳۳ توسعه و گسترش یافت. تحلیل مولفه‌های اساسی از روش‌های آماری چند متغیره که در کاهش تعداد متغیرها و تفسیر و ترکیب اطلاعات کاربرد دارد. با استفاده از این روش، متغیرهای ورودی اولیه به مولفه‌های جدید بدون همبستگی تبدیل می‌شوند به گونه‌ای که مولفه‌های ایجاد شده، ترکیب خطی از متغیرهای ورودی هستند [۷۹]. نقش اساسی در تحلیل اطلاعات را تحلیل داده‌های چندگانه برخوردار هستند. مجموعه داده‌های چندگانه، شامل حالتها یا متغیرهای زیادی را برای هر مشاهده می‌باشند. اگر در هر مجموعه داده n متغیر وجود داشته باشد، هر متغیر می‌تواند دارای چند بعد (منظور از بعد داده، تعداد متغیرهایی است که در هر مشاهده اندازه گیری می‌شود) باشد. با توجه به اینکه اغلب درک و شهود فضای چندبعدی دشوار است، روش تحلیل مولفه‌های اساسی (PCA) ابعاد کلیه مشاهدات را بر اساس شاخص ترکیبی و دسته بندی مشاهدات مشابه کاهش می‌دهد. به دلیل یک روش آسان و غیر پارامتریک برای استخراج اطلاعات مرتبط از یک مجموعه داده پیچیده می‌باشد، کاربرد زیادی در کلیه اشکال تحلیلی از علوم شبکه‌های عصبی گرفته تا نمودارهای کامپیوتری دارد. در تحلیل مولفه‌های اساسی متغیرهای موجود در یک فضای چند حالت همبسته به یک مجموعه از مولفه‌های غیرهمبسته کاهش پیدا می‌کند که هر یک از آنها ترکیب خطی از متغیرهای اصلی می‌باشند. مولفه‌های غیرهمبسته به دست آمده مولفه‌های اساسی نامیده می‌شوند که از بردارهای ویژه ماتریس کوواریانس یا ماتریس همبستگی متغیرهای اصلی به دست می‌آیند. کاهش ابعاد با استفاده از توضیح ارتباطات میان متغیرها، هدف اصلی تحلیل مولفه‌های اصلی است [۸۰].

^۱ Principal Component Analysis (PCA)

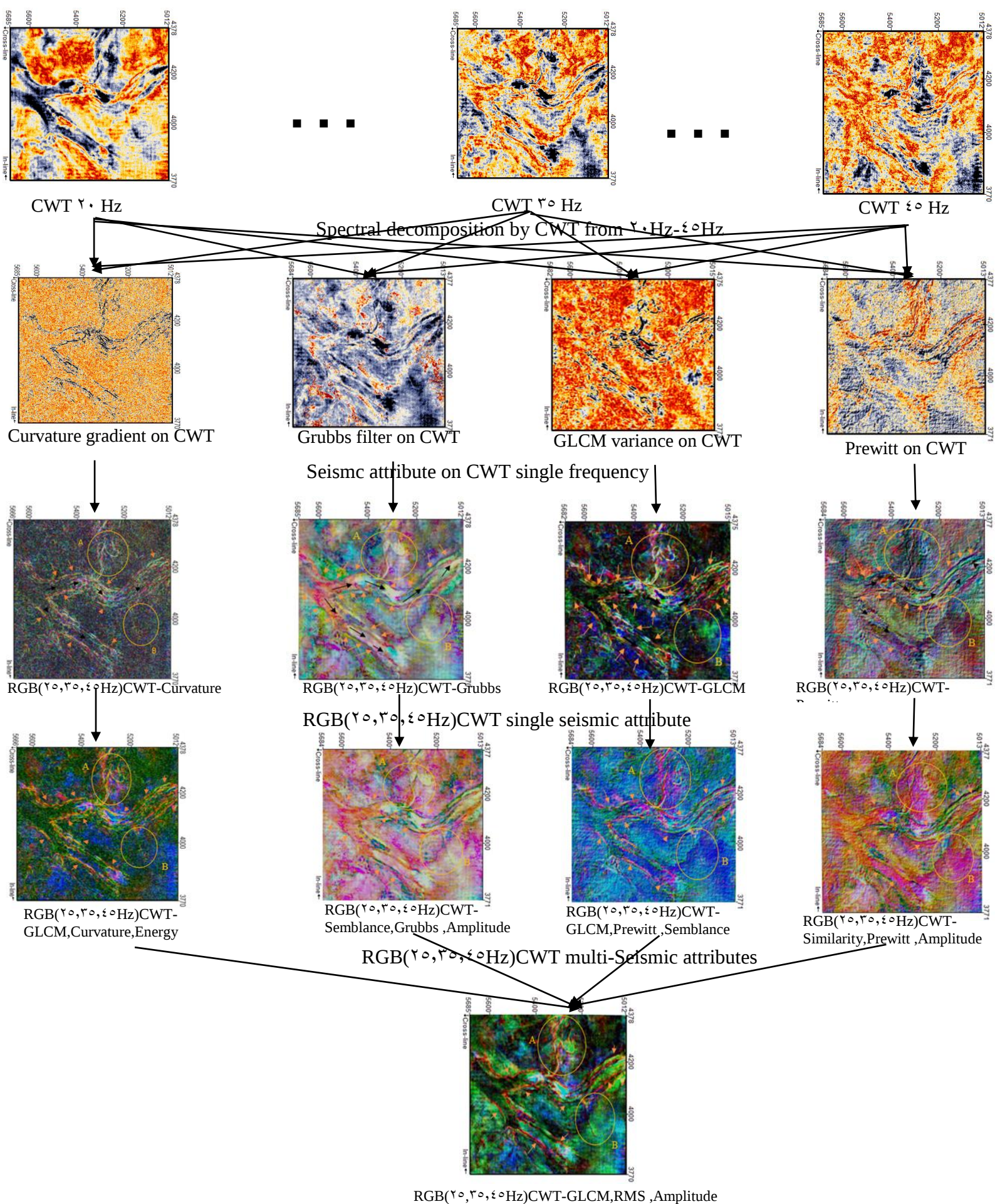
^۲ Pearson

^۳ Hotelling

الگوریتم استفاده شده در این تحقیق مطابق شکل ۱۱-۲ است. برای بهتر نشان دادن روند روش پیشنهادی شکل ۱۲-۲ ارائه شده است که در فصل بعدی به بررسی مفصل این مراحل خواهیم پرداخت.



شکل ۱۱-۲ نمای کلی روش تحقیق



Optimized RGB combination of (20,30,50Hz) on CWT multi-Seismic attributes

شکل ۲-۱۲. نشان دهندهی روند پردازش روش پیشنهادی شده در این پایان نامه

فصل ۳ : بحث و نتایج

۳-۱ داده‌های لرزه‌ای واقعی

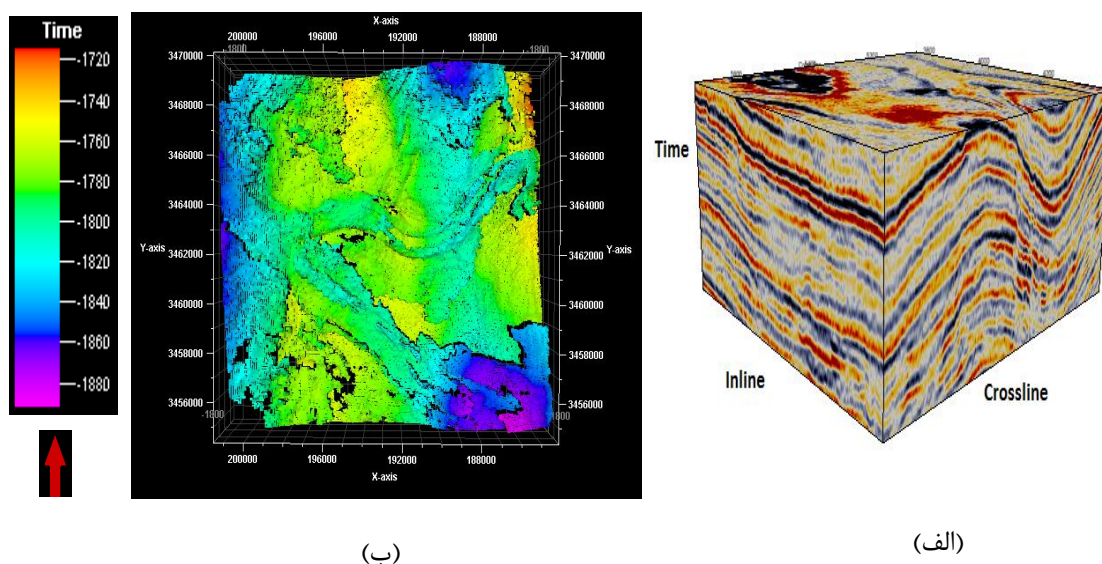
دشت آبادان در انتهای جنوب غربی زاگرس واقع شده و از شمال و شمال شرقی به محدوده چین های زاگرس، از جنوب به عربستان و خلیج فارس و از غرب به کشور عراق محدود می‌گردد. از ویژگی‌های این ناحیه می‌توان به حضور بلندهای شمالی - جنوبی و شمال شرقی - جنوب غربی (روند غربی) اشاره کرد. ناحیه مورد نظر یک پهنه حد واسط وسیع میان پلاتفرم عربستان در جنوب غربی و فرو افتادگی دزفول در شمال شرقی به شمار می‌رود. بر اساس اطلاعات حفاری و لرزه‌ای جمع آوری شده، گسلش در پی سنگی و حرکت نمک هرمز به عنوان عوامل اصلی ایجاد ساختمان‌هایی با روند شمالی - جنوبی و شمال شرقی - جنوب غربی معرفی شده اند. اوج این فعالیت‌ها در زمان کرتاسه اتفاق افتاده و با گسترش حرکات زاگرسی در اواخر پالئوژن ساختمان‌هایی با روند غربی مجدداً فعال شده‌اند. همچنین در برخی نواحی ساختمان‌هایی با روند غربی به صورت مانعی در مقابل دگرشکلی ناشی از چین خوردگی زاگرس عمل نموده اند. وجود تفاوت‌های اساسی در رسوبگذاری دشت آبادان از لحاظ زمین‌شناسی ساختمانی با ناحیه رسوبی زاگرس و فرو افتادگی دزفول، ضرورت انجام مطالعه یکپارچه و منظم به منظور شناخت بهتر منطقه و ناحیه مورد نظر که دارای ابهامات بسیار زیادی نیز هستند را نشان می‌دهد. مهم‌ترین تفاوت‌های دشت آبادان با ناحیه رسوبی زاگرس و فرو افتادگی دزفول عبارتند از: تاقدیس‌های حوضه رسوبی دشت آبادان بر خلاف ناحیه رسوبی زاگرس و فرو افتادگی دزفول دارای روند شمالی - جنوبی هستند، شیب تاقدیس‌ها در این ناحیه بر خلاف ناحیه رسوبی زاگرس و فرو افتادگی دزفول، ملایم است، هیچ گونه بیرون زدگی تاقدیسی در این حوضه مشاهده نمی‌شود که برخلاف ناحیه رسوبی زاگرس و فرو افتادگی دزفول که در آن مخازن کم عمق تر (سازند آسماری) دارای اهمیت هستند، در این ناحیه مخازن عمیق‌تر (گروه

بنگستان و خامی) مورد توجه هستند و همچنین تله‌های نفتی این ناحیه تنها از نوع ساختمانی نیستند و تغییرات رخساره‌ای و چینه‌ای نقش مهمی در ایجاد تله‌های نفتی ایفا نموده اند [۸۱]. داده‌های لرزه‌ای مورد استفاده در این تحقیق inline‌های آن از ۳۷۷۱ تا ۴۳۷۸ (۶۰۸ عدد) و محدوده‌ی crossline‌های آن ۵۰۱۲ تا ۵۶۸۵ (۶۷۴ عدد) و همچنین برش زمانی آن از ۱۶۰۰ تا ۱۹۰۰ میلی ثانیه مطابق جدول ۱-۳ می‌باشد.

جدول ۱-۳. مشخصات داده‌ی واقعی به‌کار رفته در این تحقیق را نشان می‌دهد.

	ابتدا	انتهای
Inline	۳۷۷۱	۴۳۷۸
Crossline	۵۰۱۲	۵۶۸۵
Time(ms)	۱۶۰۰	۱۹۰۰

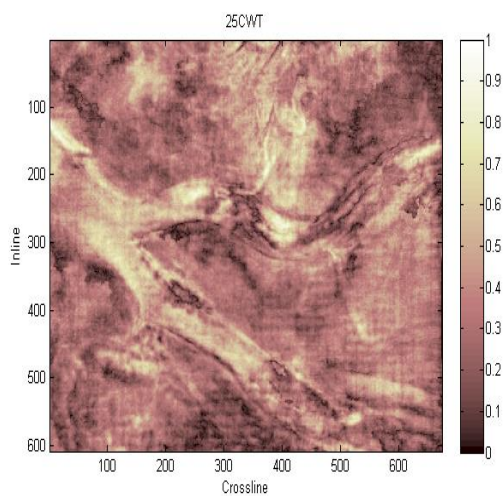
در این تحقیق با توجه به اینکه هدف شناسایی و تعیین لبه‌های کانال مدفون می‌باشد که با پژوهش انجام شده این عارضه‌ی زمین‌شناسی در افق به‌دست آمده از داده‌های لرزه‌ای که شامل همه‌ی زمان‌ها با مشخصات inline و crossline مطابق جدول ۱-۳ مشاهده شده است که شکل (ب) ۳-۱ افق حاصل از داده‌های لرزه‌ای را نشان می‌دهد.



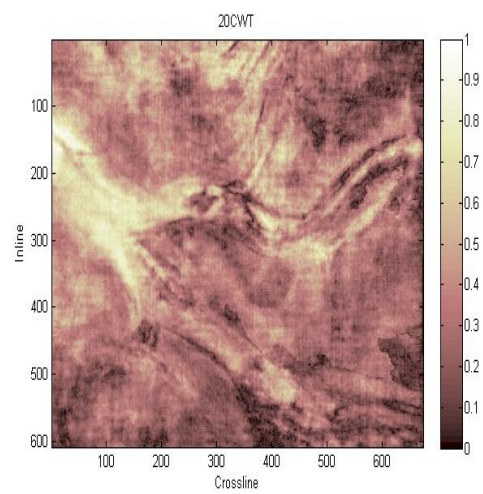
شکل ۳-۱. الف) مکعب لرزه‌ای داده‌ها و ب) افق به‌دست آمده از داده‌های لرزه‌ای واقعی (نرم افزار Petrel).

۲-۳ اعمال تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته بر روی افق به دست آمده از داده‌های لرزه‌ای واقعی

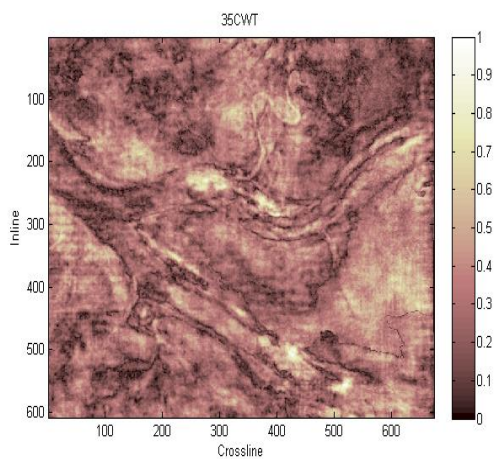
در مرحله اول ابتدا تبدیل موجک پیوسته با موجک مورلت با فرکانس‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰، ۵۵، ۶۰، ۶۵، ۷۰، ۷۵، ۸۰، ۸۵، ۹۰ هرتز روی افق به وجود آمده از داده‌های واقعی لرزه‌ای اعمال شده است به عبارتی دیگر، تجزیه طیفی به روش تبدیل موجک پیوسته تک فرکانس روی افق داده‌های لرزه‌ای واقعی انجام شده است که از میان آن‌ها تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۰ تا ۴۵ هرتز کانال مدفون را به خوبی نشان می‌دهند که شکل ۲-۳ بیانگر این امر است.



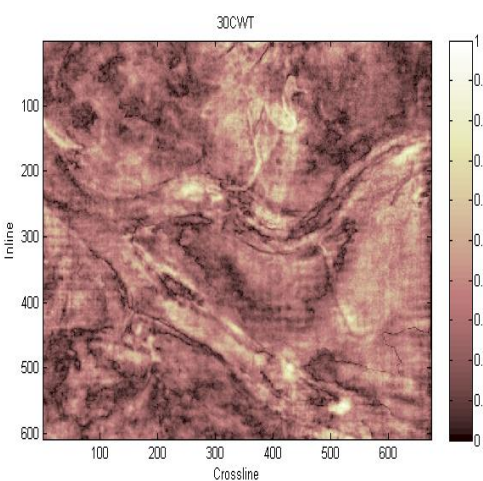
۲۵ CWT.(ب)



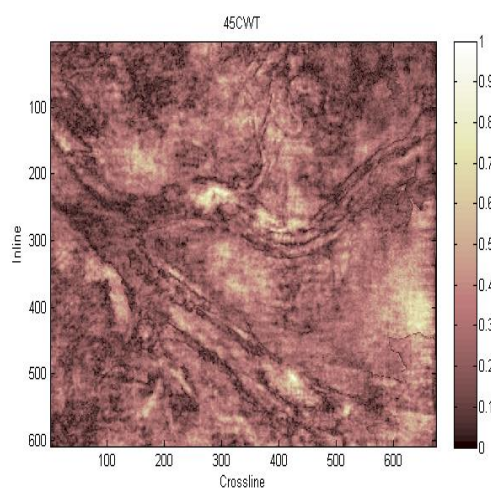
۲۰ CWT.(الف)



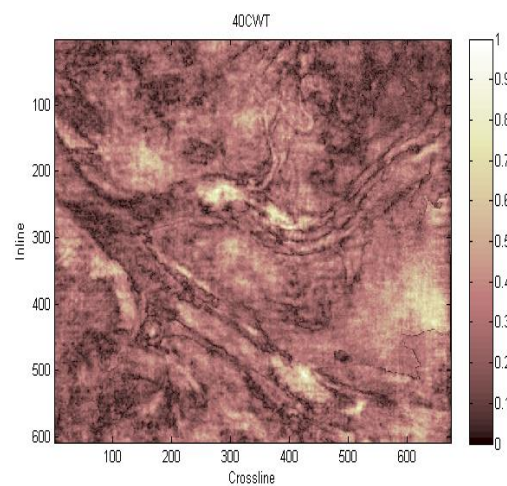
۳۵ CWT.(د)



۳۰ CWT.(ج)



۴۵ CWT.(و)



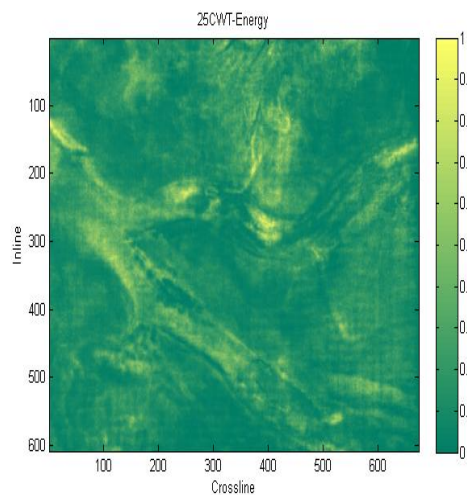
۴۰ CWT.(ه)

شکل ۳-۲. تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته الف) با فرکانس ۲۰ هرتز، ب) با فرکانس ۲۵ هرتز، ج) با فرکانس ۳۰ هرتز، د) با فرکانس ۳۵ هرتز، ه) با فرکانس ۴۰ هرتز و و) با فرکانس ۴۵ هرتز بر روی افق داده‌های لرزه‌ای.

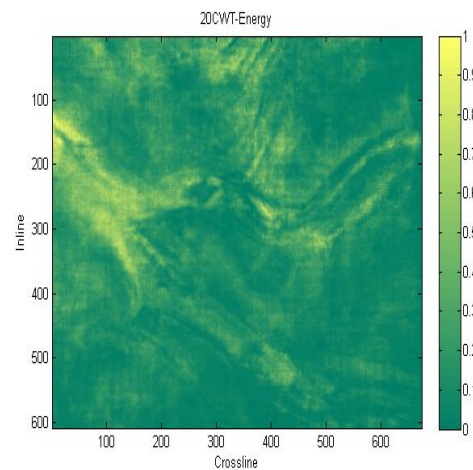
همانطور که در شکل ۲-۳ ملاحظه می‌شود تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۰ و ۲۵ هرتز شاخه‌های اصلی کانال مدفون قابل مشاهده است در صورتی که در فرکانس های ۳۰ و ۳۵ علاوه بر شاخه‌های اصلی، شاخه‌های فرعی نیز قابل رویت هستند اما در تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۴۰ و ۴۵ هرتز شاخه‌های فرعی دیده شده است.

۳-۳ اعمال نشانگرهای لرزه‌ای بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته

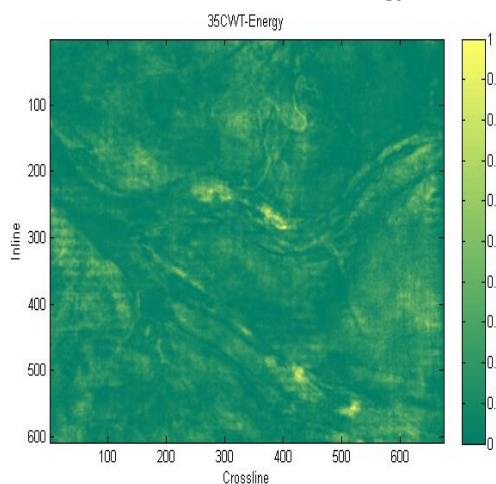
در مرحله دوم برای بهبود نتایج و بهتر نشان دادن کانال مدفون بر روی تک فرکانس‌های تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته نشانگرهای لرزه‌ای اعمال شده است. برای این کار بیست عدد نشانگر لرزه‌ای بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۰ تا ۴۵ انجام شده که نشانگرهای انرژی، دامنه لحظه‌ای، میانگین ریشه مربعات دامنه، پرویت، فیلترگرس، Similarity، Semblance، واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری و شیب انحنا به دلیل نمایش بهتر کانال مدفون انتخاب شده‌اند که شکل‌های ۳-۳ تا ۳-۱۱ نشان‌دهنده‌ی نتایج حاصل شده می‌باشد.



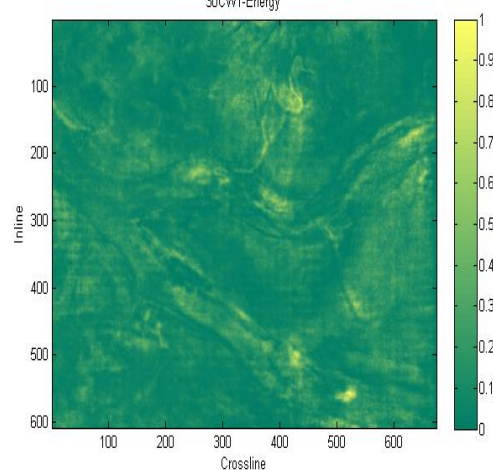
۲۵ CWT-Energy(ب)



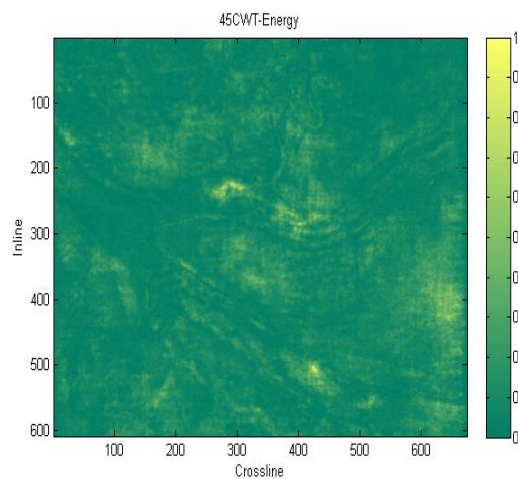
۲۰ CWT-Energy(الف)



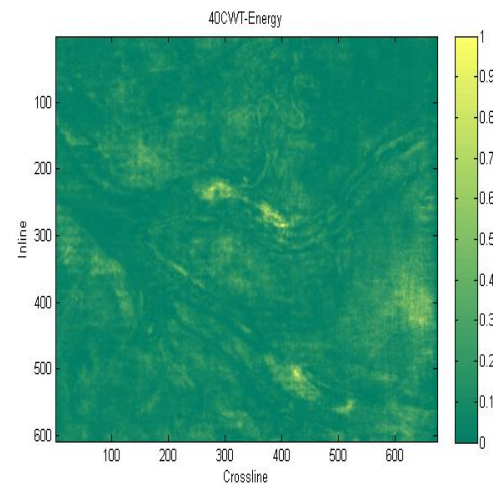
۳۵ CWT-Energy(د)



۳۰ CWT-Energy(ج)

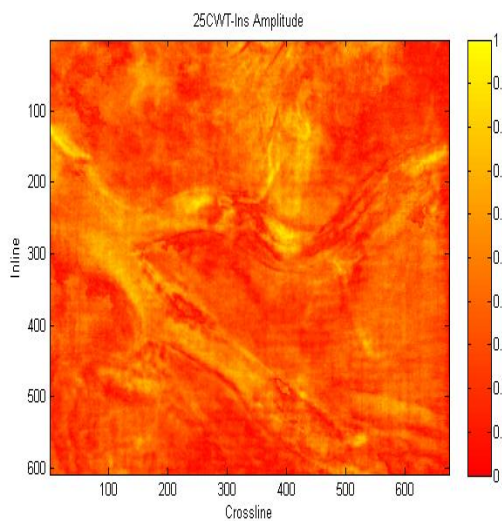


۴۵ CWT-Energy(و)

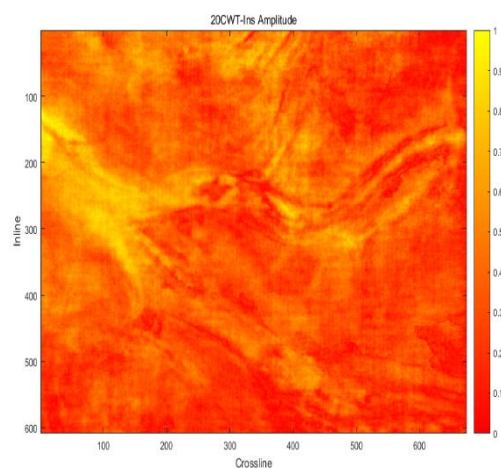


۴۰ CWT-Energy(ه)

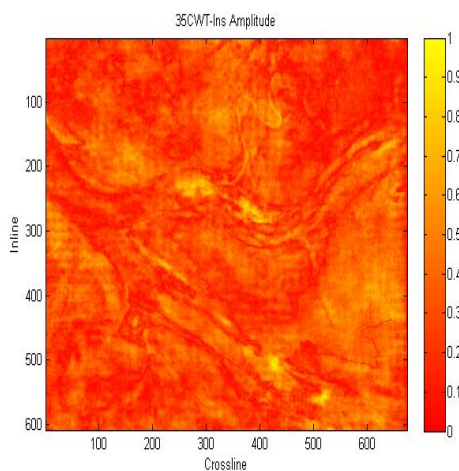
شکل ۳-۳. اعمال نشانگر انرژی روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته ۲۰ تا ۴۵ هرتز را نشان می‌دهد.



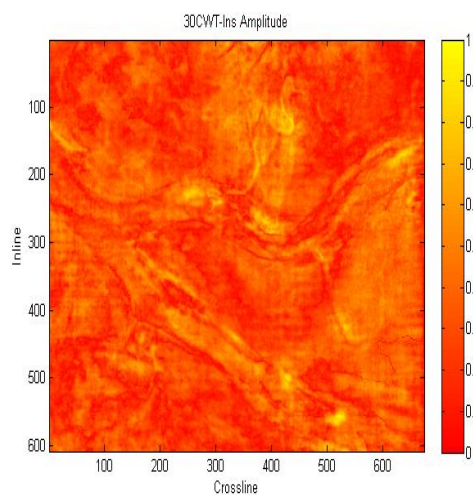
ب) ۲۵ CWT-Ins Amplitude



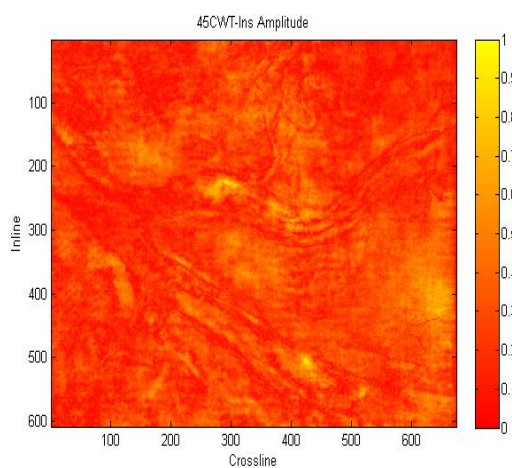
الف) ۲۰ CWT-Ins Amplitude



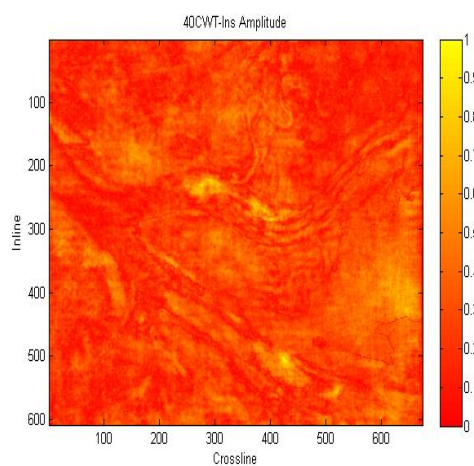
د) ۳۵ CWT-Ins Amplitude



ج) ۳۰ CWT-Ins Amplitude

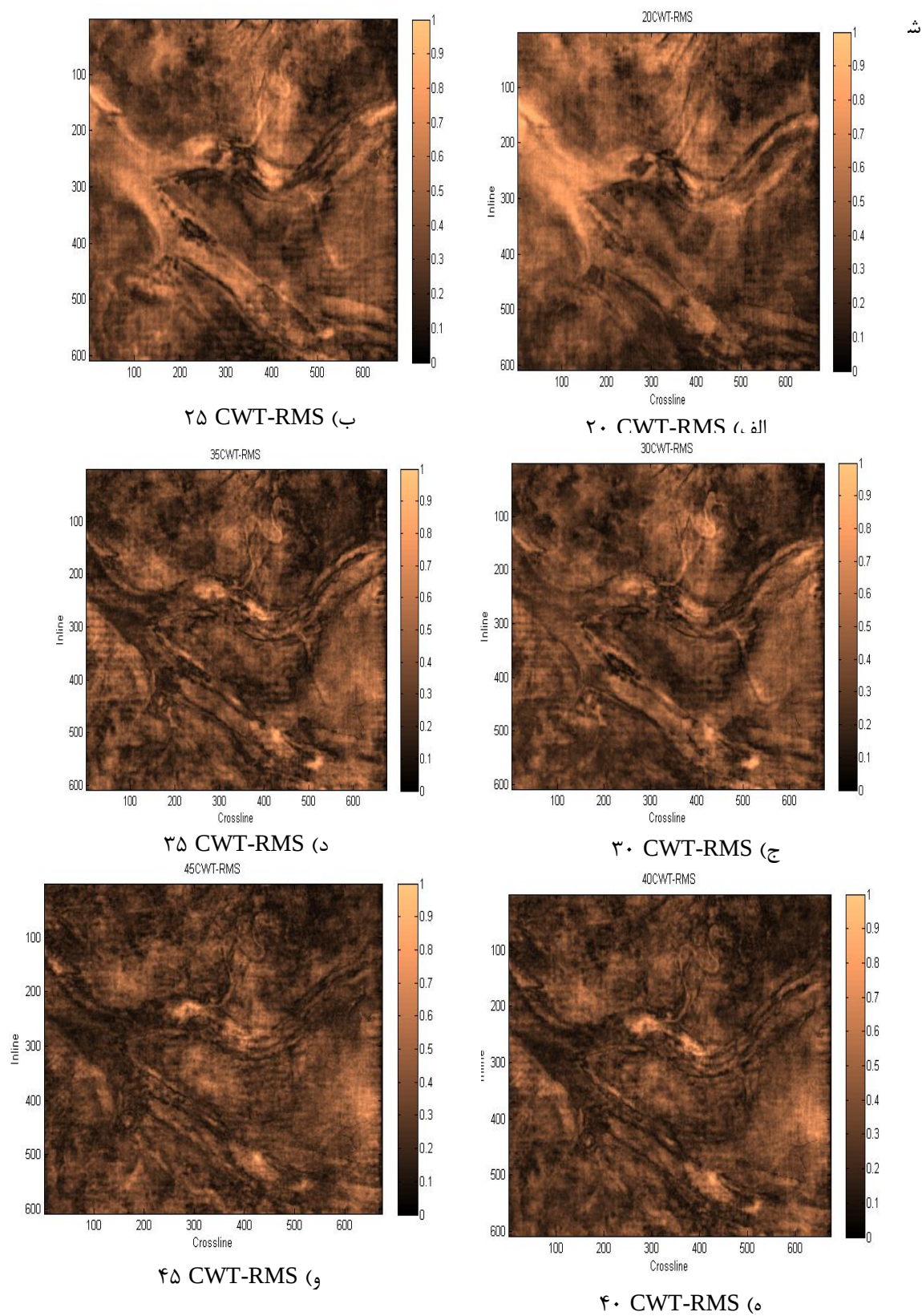


و) ۴۵ CWT-Ins Amplitude

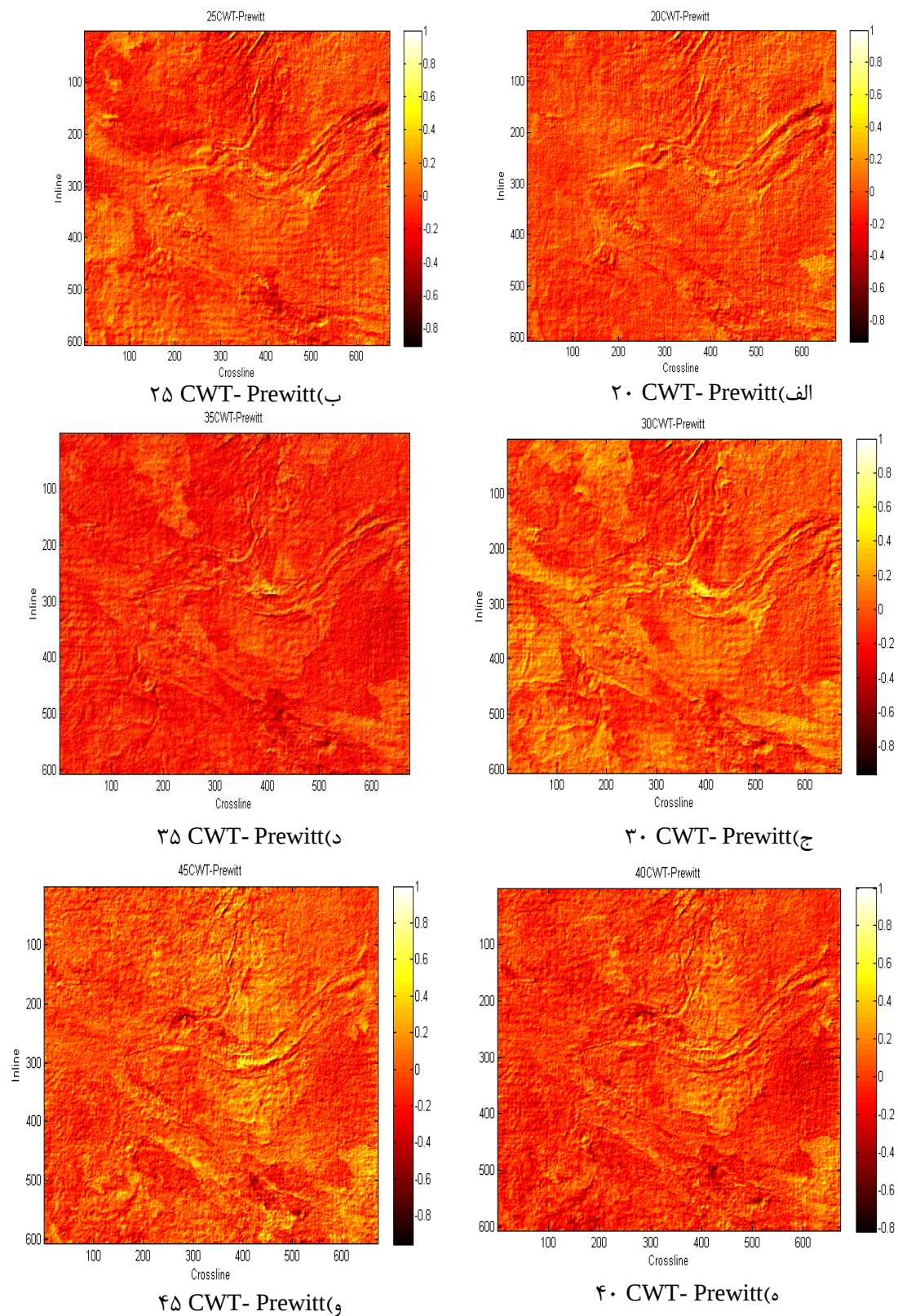


ه) ۴۰ CWT-Ins Amplitude

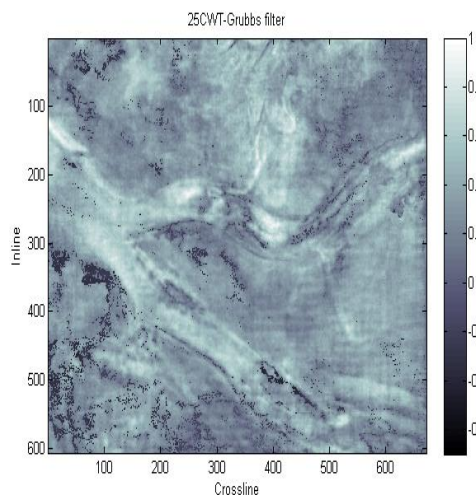
شکل ۳-۴. اعمال نشانگر دامنه لحظه‌ای روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته ۲۰ تا ۴۵ هرتز را نشان



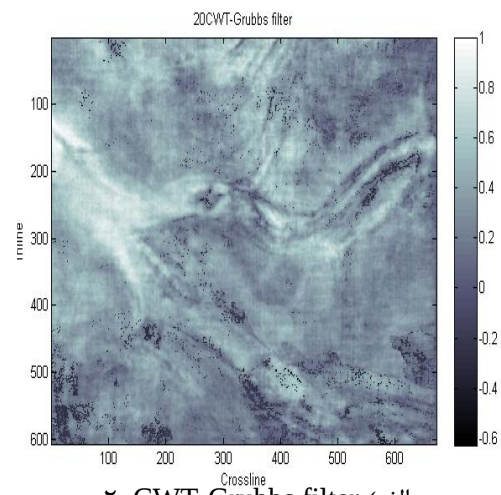
شکل ۳-۵. اعمال نشانگر میانگین ریشه مربعات دامنه را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز.



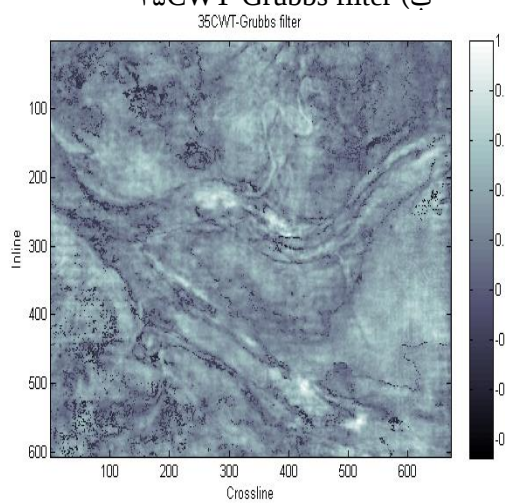
شکل ۳-۶. اعمال نشانگر پرویت را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز.



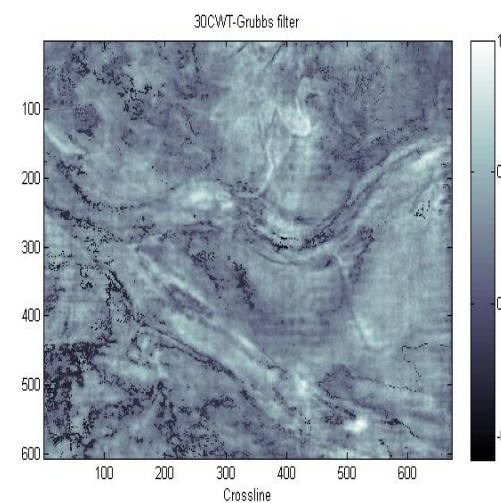
۲۵CWT-Grubbs filter (ب)



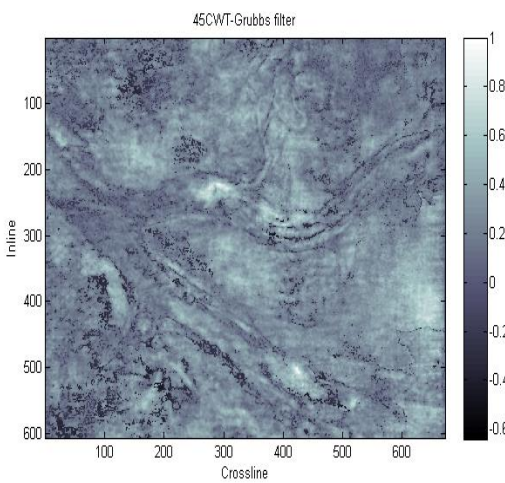
۲۰CWT-Grubbs filter (الف)



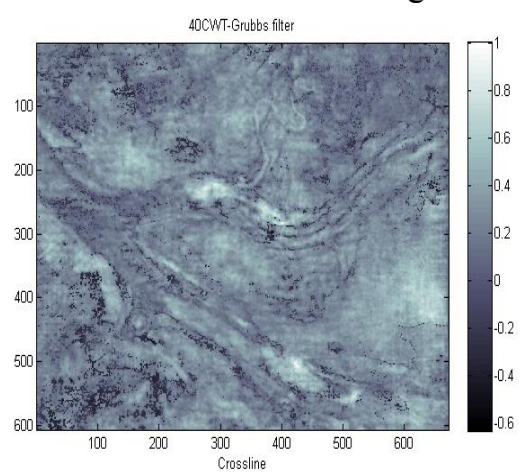
۳۵CWT-Grubbs filter (د)



۳۰CWT-Grubbs filter (ج)

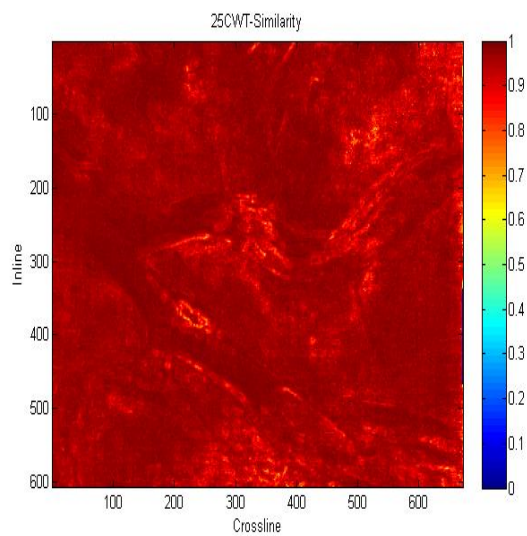


۴۵CWT-Grubbs filter (و)

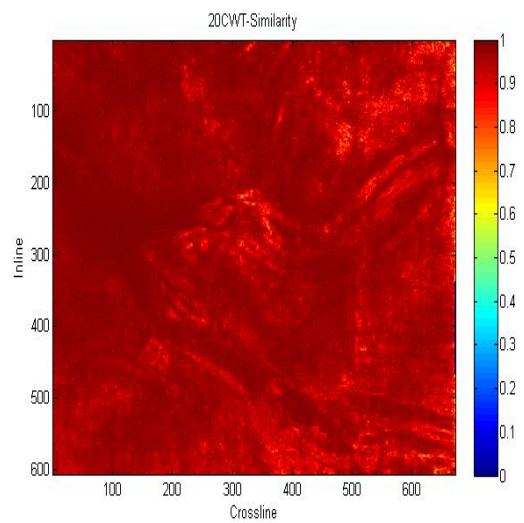


۴۰CWT-Grubbs filter (ه)

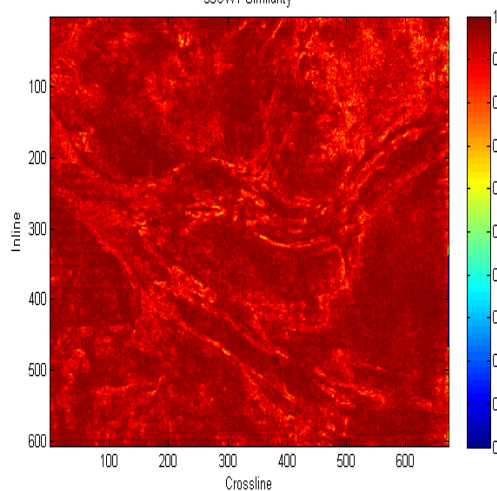
شکل ۳-۷. اعمال نشانگر فیلتر گرابس را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز.



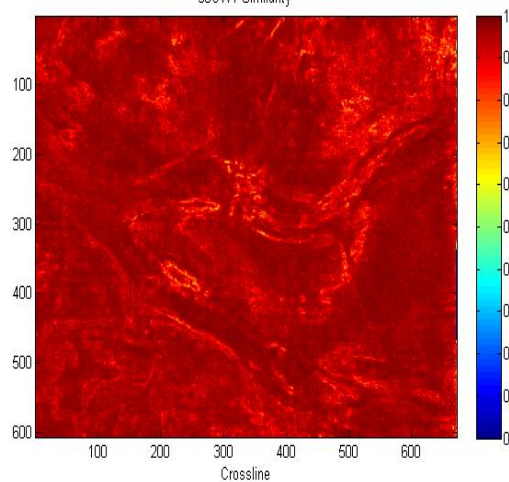
۲۵ CWT-Similarity(ب)



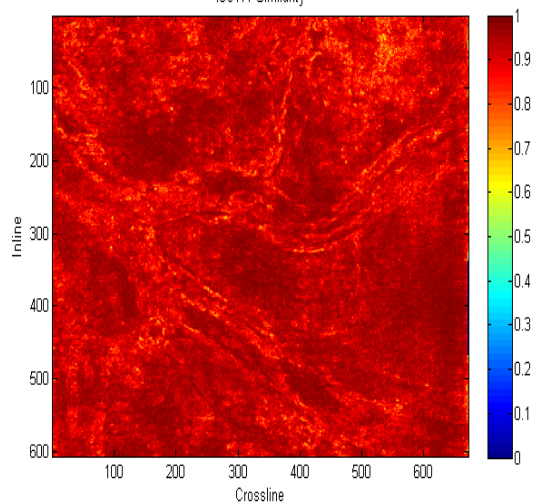
۲۰ CWT-Similarity(الف)



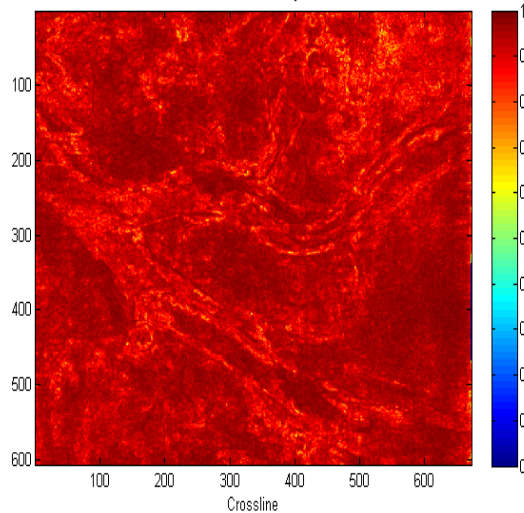
۳۵ CWT-Similarity(د)



۳۰ CWT-Similarity(ج)

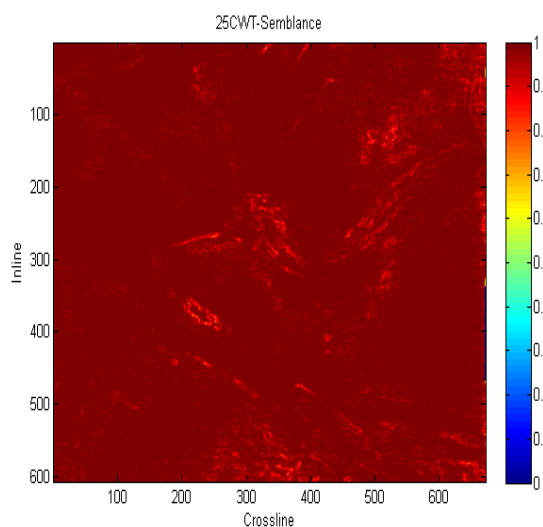


۴۵ CWT-Similarity(و)

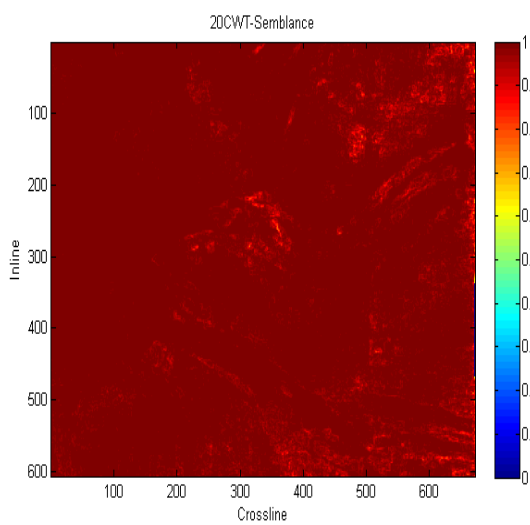


۴۰ CWT-Similarity(ه)

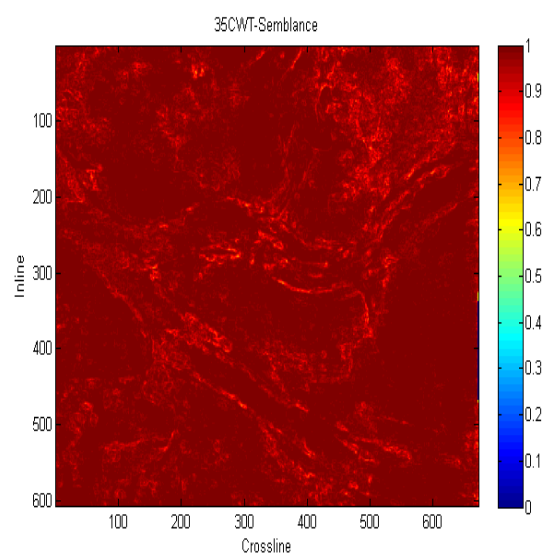
شکل ۳-۸. اعمال نشانگر شباهت روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۲۰ تا ۴۵ هرتز.



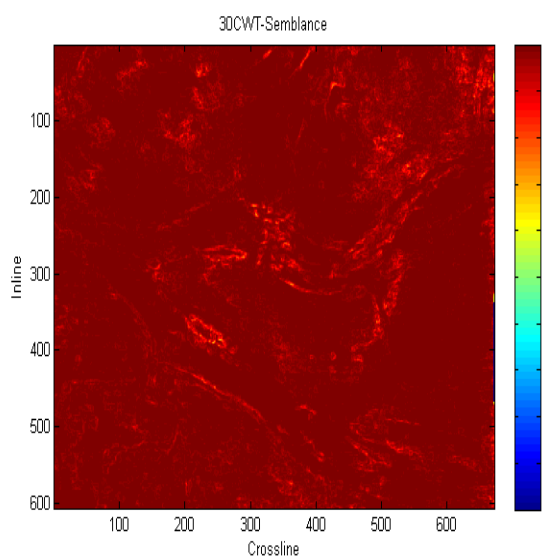
۲۵ CWT- Semblance(ب)



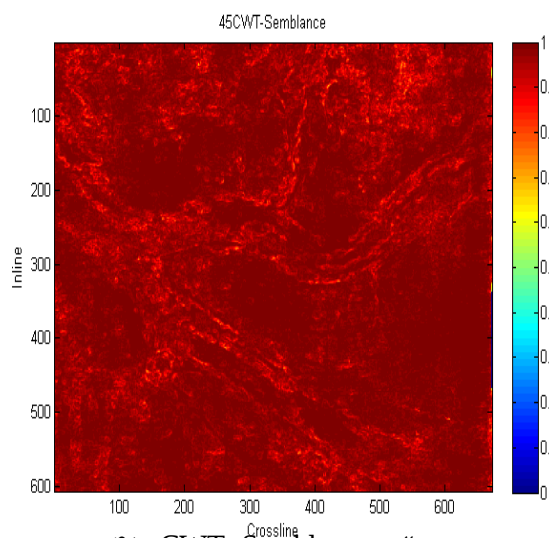
۲۰ CWT- Semblance(الف)



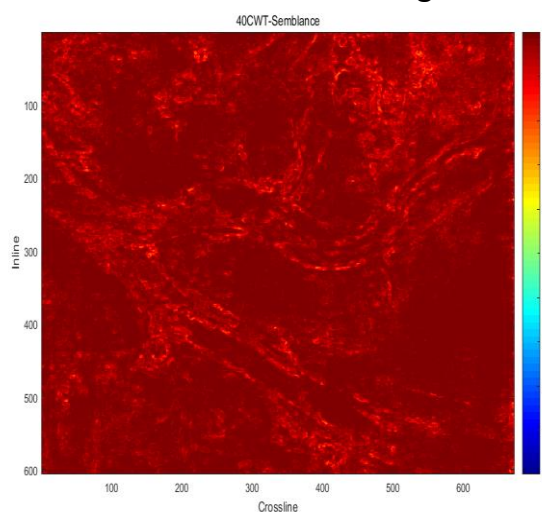
۳۵ CWT- Semblance(د)



۳۰ CWT- Semblance(ج)

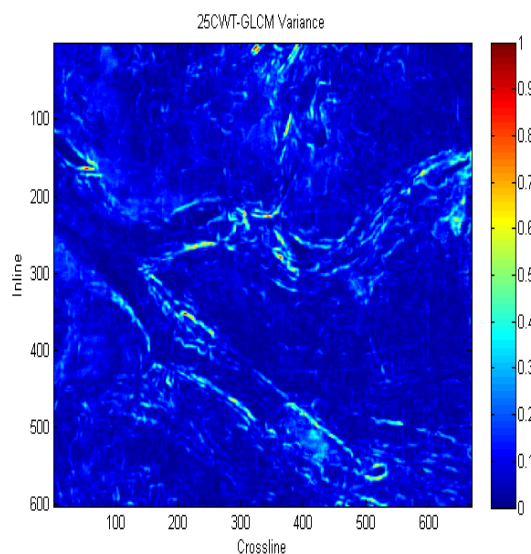


۴۵ CWT- Semblance(الف)

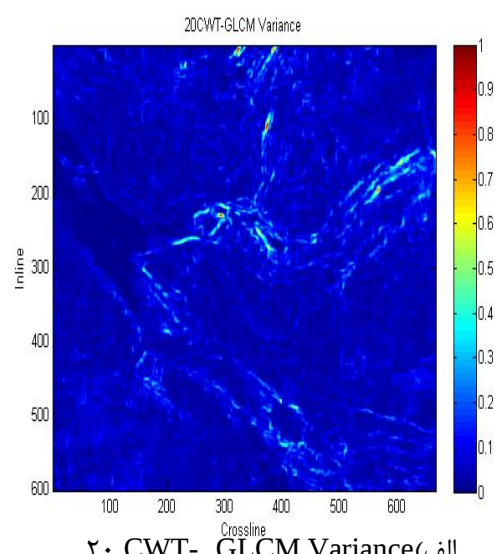


۴۰ CWT- Semblance(ه)

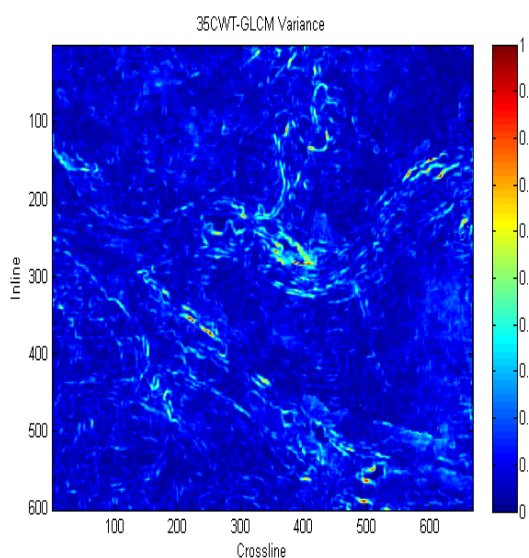
شکل ۳-۹. اعمال نشانگر همدوسی روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۲۰ تا ۴۵ هرتز



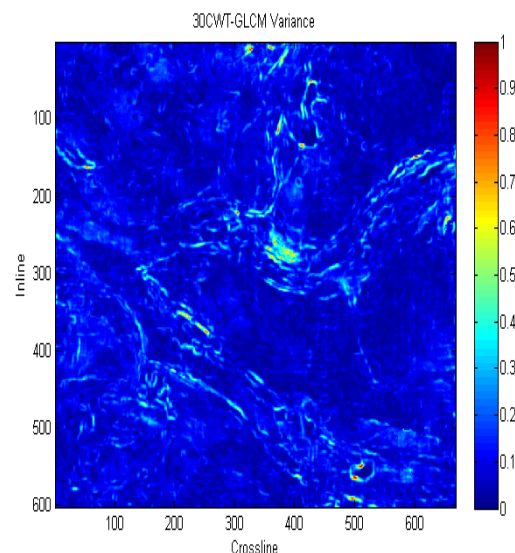
۲۵ CWT- GLCM Variance(ب)



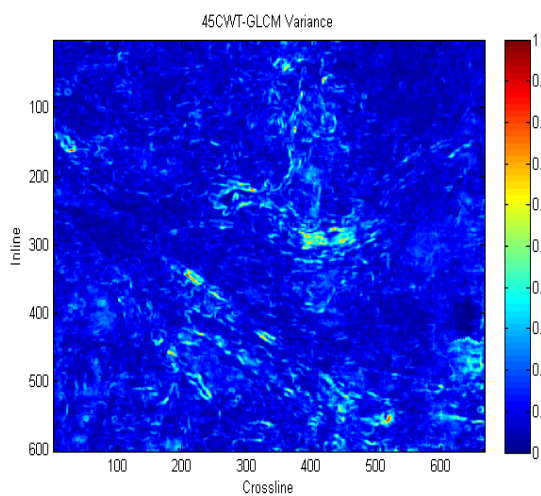
۲۰ CWT- GLCM Variance(الف)



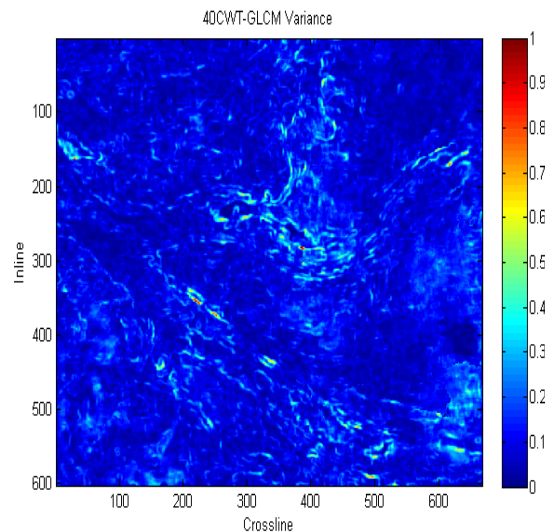
۳۵ CWT- GLCM Variance(د)



۳۰ CWT- GLCM Variance(ج)

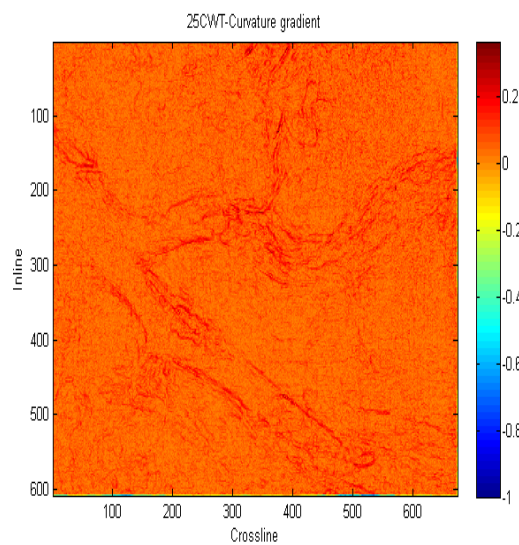


۴۵ CWT- GLCM Variance(و)

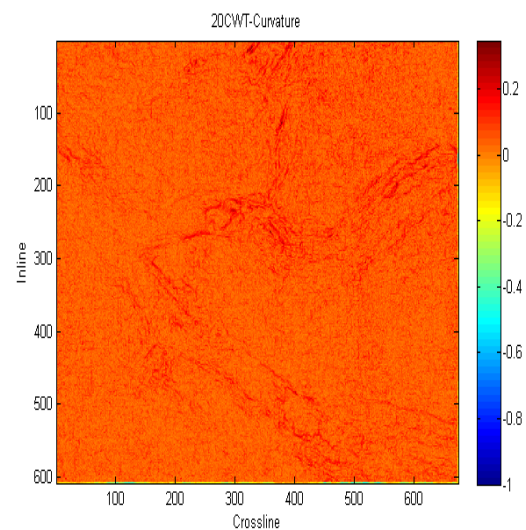


۴۰ CWT- GLCM Variance(ه)

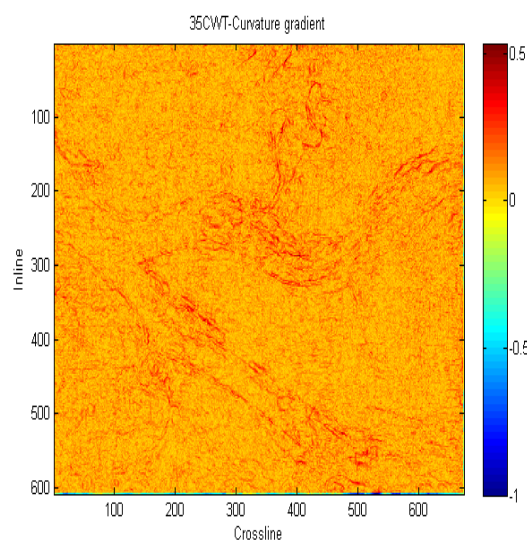
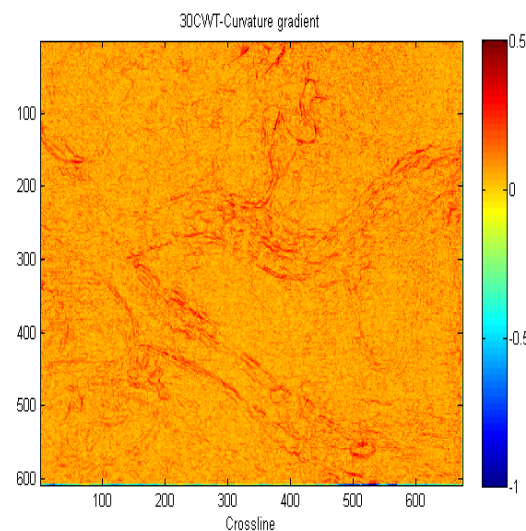
شکل ۳-۱۰. اعمال نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز.



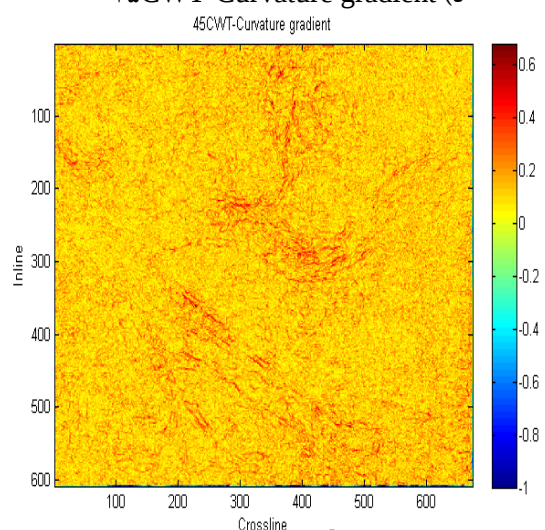
۲۵CWT-Curvature gradient (ب)



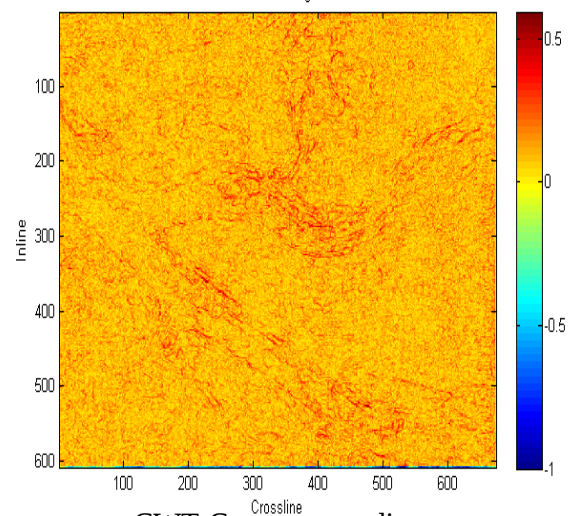
٢٠ CWT-Curvature gradient (الف)

 Δ CWT-Curvature gradient (Δ)

३. CWT-Curvature gradient (ज)



۴۵CWT-Curvature gradient (Crossline)



4. CWT-Curvature gradient (Crossline)

شکل ۳-۱۱. اعمال نشانگر شیب انحنا را بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته از فرکانس ۲۰ تا ۴۵ هرتز.

۳-۴ روش‌های ترکیب

در مرحله‌ی قبل (مرحله دوم) با توجه به اینکه با اعمال تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته در فرکانس‌های مختلف بخش‌هایی از کانال مدفون در یک فرکانس و قسمت‌هایی در فرکانس دیگر دیده شده است برای اینکه پدیده‌ی زمین‌شناسی مورد بررسی شاخه‌های فرعی و اصلی را یک جا، بهتر و به طور واضح نشان دهد. فرکانس‌های مختلف حاصل از تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته باهم ترکیب شده است. در این مرحله (مرحله سوم) با استفاده از روش RGB نتایج حاصل از مرحله دوم برای بهتر و واضح نشان دادن شاخه‌های اصلی و فرعی کانال مدفون باهم ترکیب شده است که به دو صورت ترکیب فرکانس‌های مختلف برای یک نشانگر با استفاده از RGB و ترکیب نشانگرهای مختلف برای چند فرکانس با استفاده از روش RGB می‌باشد و همچنین برای ترکیب بیش از سه برش زمانی از روش تحلیل مولفه‌های اساسی استفاده شده است.

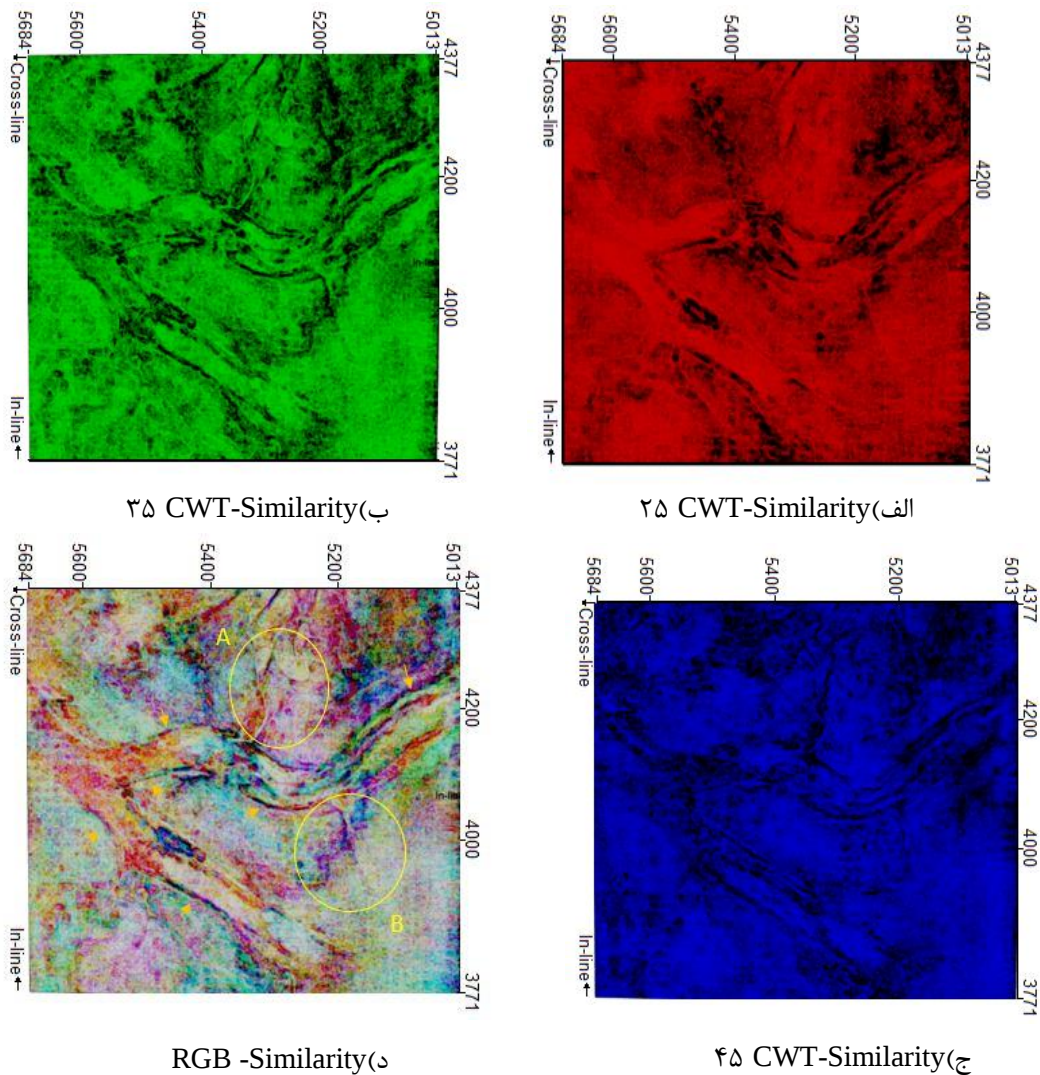
۳-۴-۱ ترکیب با استفاده از RGB

۳-۴-۱-۱ ترکیب فرکانس‌های مختلف برای یک نشانگر با استفاده از RGB

در این مرحله تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز برای یک نشانگر به وسیله روش RGB (در نرم افزار opendTect) با هم ترکیب شده است.

همانطور که در شکل ۳-۱۲ ملاحظه می‌شود سه فرکانس مختلف ۲۵، ۳۵ و ۴۵ حاصل از تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته که روی آن‌ها نشانگر شباهت اعمال شده را انتخاب کرده و سپس به ترتیب رنگ‌های قرمز، سبز و آبی به آن‌ها داده شده و در نهایت با استفاده از روش RGB با هم ترکیب

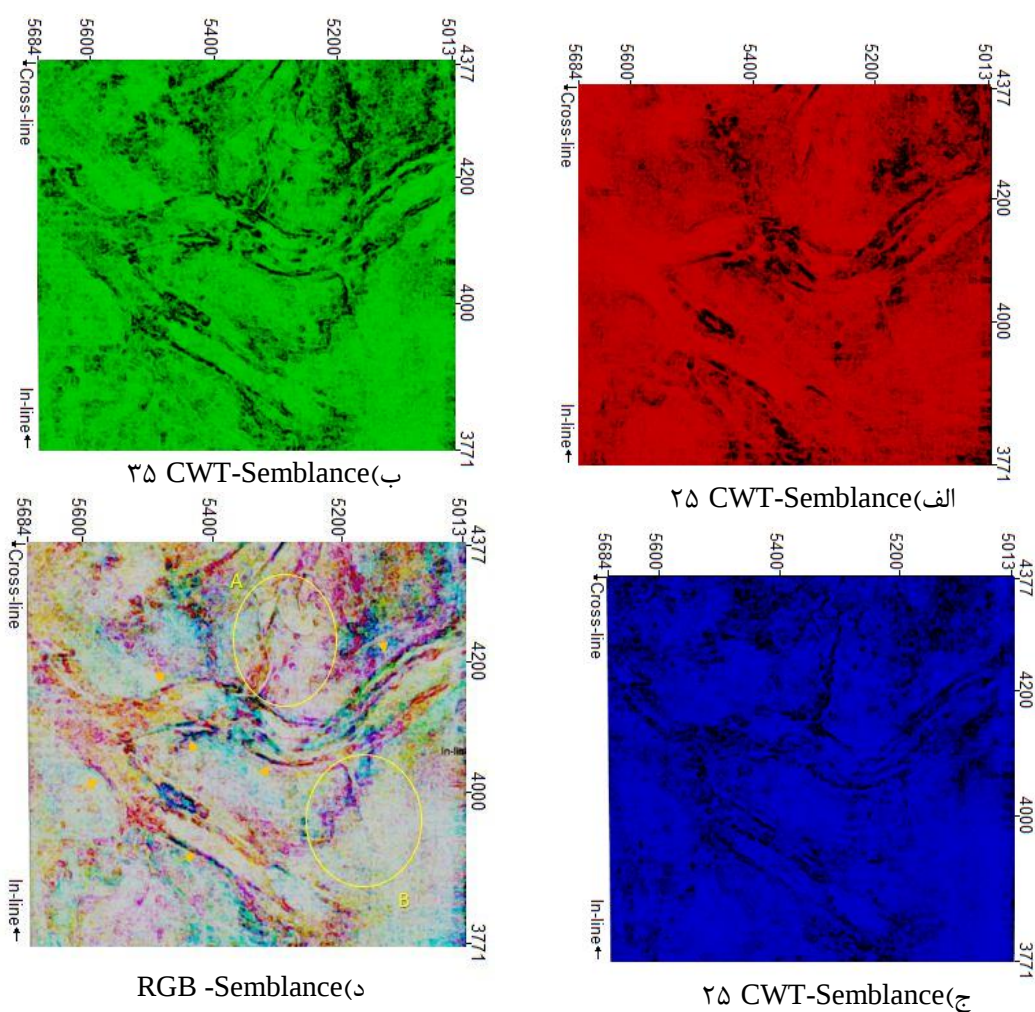
شدند. با ترکیب نتایج به دست آمده به روش RGB مطابق شکل ۳-۱۲ (د) کراس اسپیلی^۱ A و B با بیضی‌های زرد رنگ مشخص شده به خوبی و واضح تر دیده شده است. پیکان‌های نارنجی رنگ مرزهای کانال مدفون را نشان می‌دهند که با اعمال نشانگر لبه‌یابی شباهت روی فرکانس‌های مختلف (۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز) حاصل شده از تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته و ترکیب آن‌ها با روش RGB مرزهای کانال مدفون به خوبی از محیط اطراف تفکیک شده است.



شکل ۳-۱۲ (الف) اعمال نشانگر شباهت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز (ب) اعمال نشانگر شباهت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز (ج) اعمال نشانگر شباهت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند.

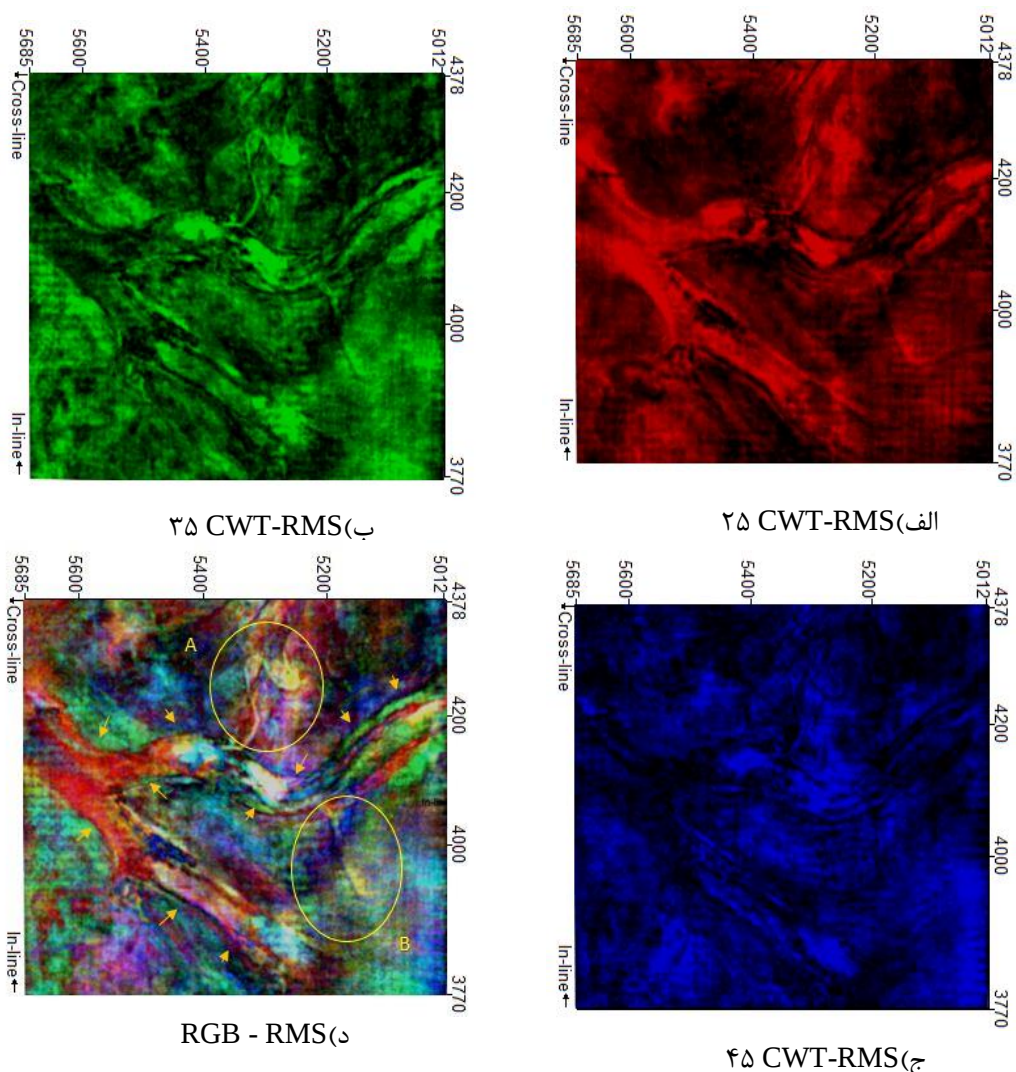
^۱ Crevasse Splay

مطابق شکل ۳-۱۳ با ترکیب به روش RGB همانگونه که در قسمت (د) دیده می‌شود بیضی‌های زرد رنگ B و A کراس اسپیلی کانال مدفون را بهتر و دقیق‌تر نشان داده است. این روش ترکیب توانسته است با تفکیک بافت داخلی کانال مدفون از بافت خارجی، مرزهای کانال مدفون را به خوبی نمایان گردد (پیکان‌های نارنجی رنگ).



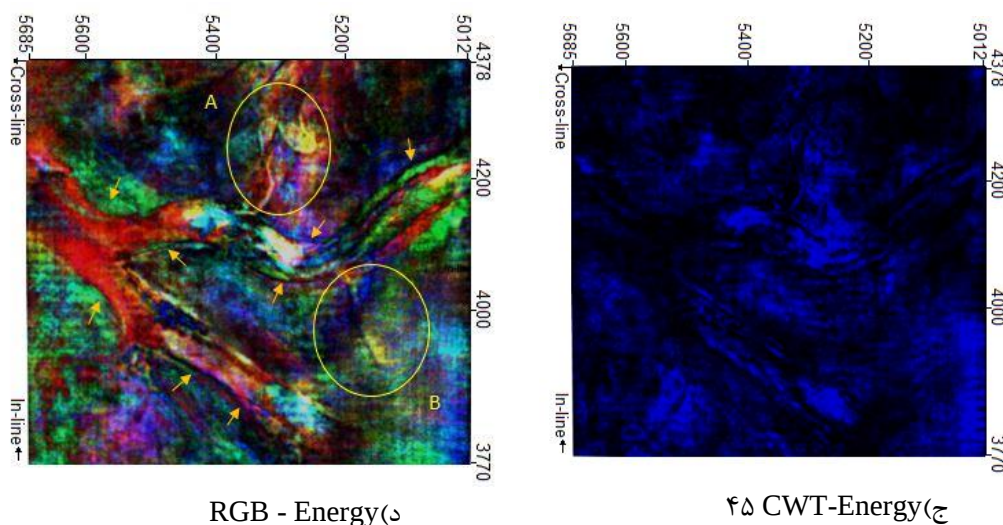
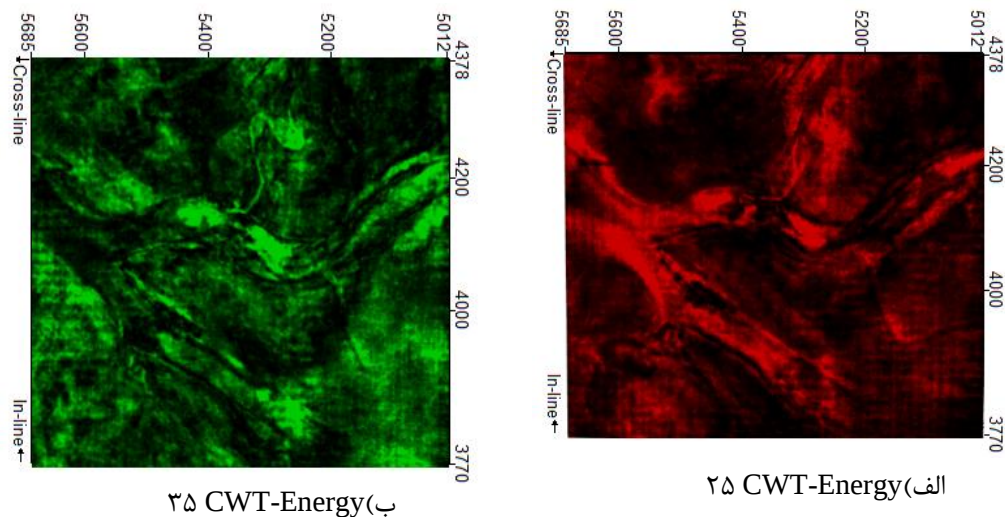
شکل ۳-۱۳. الف) اعمال نشانگر همدوسی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز ب) اعمال نشانگر همدوسی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز ج) اعمال نشانگر همدوسی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند.

با ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز به همراه اعمال نشانگر میانگین ریشه مربعات دامنه روی آن‌ها به وسیله RGB همانطور که در شکل ۳-۱۴ (د) مشاهده می‌شود، تا حد بسیار زیادی بافت داخلی کانال را از بافت زمینه و اطراف آن را توانسته تفکیک کند. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود، کراس اسپیلی A و B که با بیضی‌های زرد رنگ مشخص شده به صورت واضح دیده شده است. پیکان‌های نارنجی رنگ حاکی از محدوده کانال بوده که بافت داخلی آن از بافت خارجی کانال مدفون به صورت برجسته نمایان گردیده است.



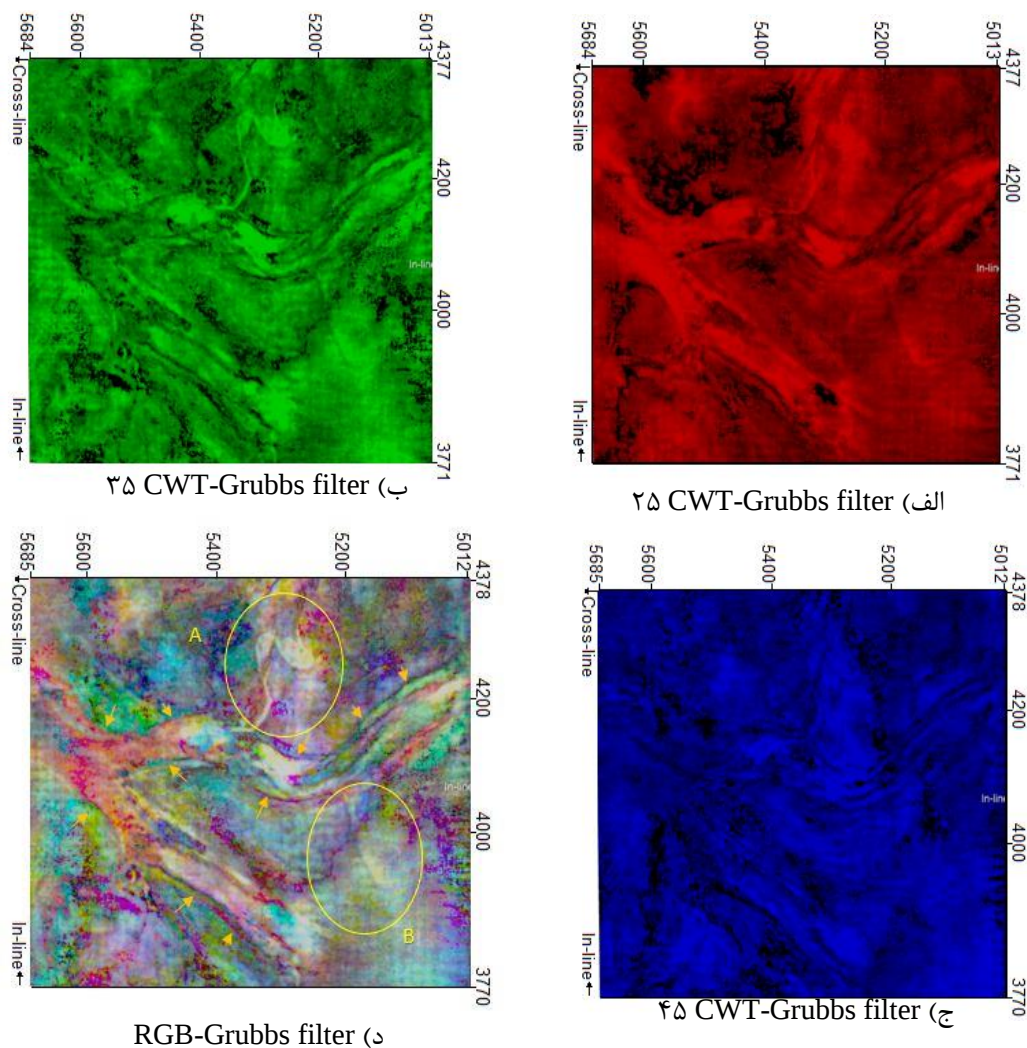
شکل ۳-۱۴. الف) اعمال نشانگر میانگین ریشه مربعات دامنه بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز ب) اعمال نشانگر همدوسی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز ج) اعمال نشانگر همدوسی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند.

طبق پیکان‌های رسم شده نارنجی رنگ بر روی شکل ۳-۱۵) دریافت می‌شود که RGB توانسته مرزهای کانال مدفون را به خوبی از سایر مناطق متمایز کند علاوه بر آن کراس اسپیلی کانال مدفون A و B (بیضی‌های زرد رنگ) را با وضوح بیشتری نشان داده است.



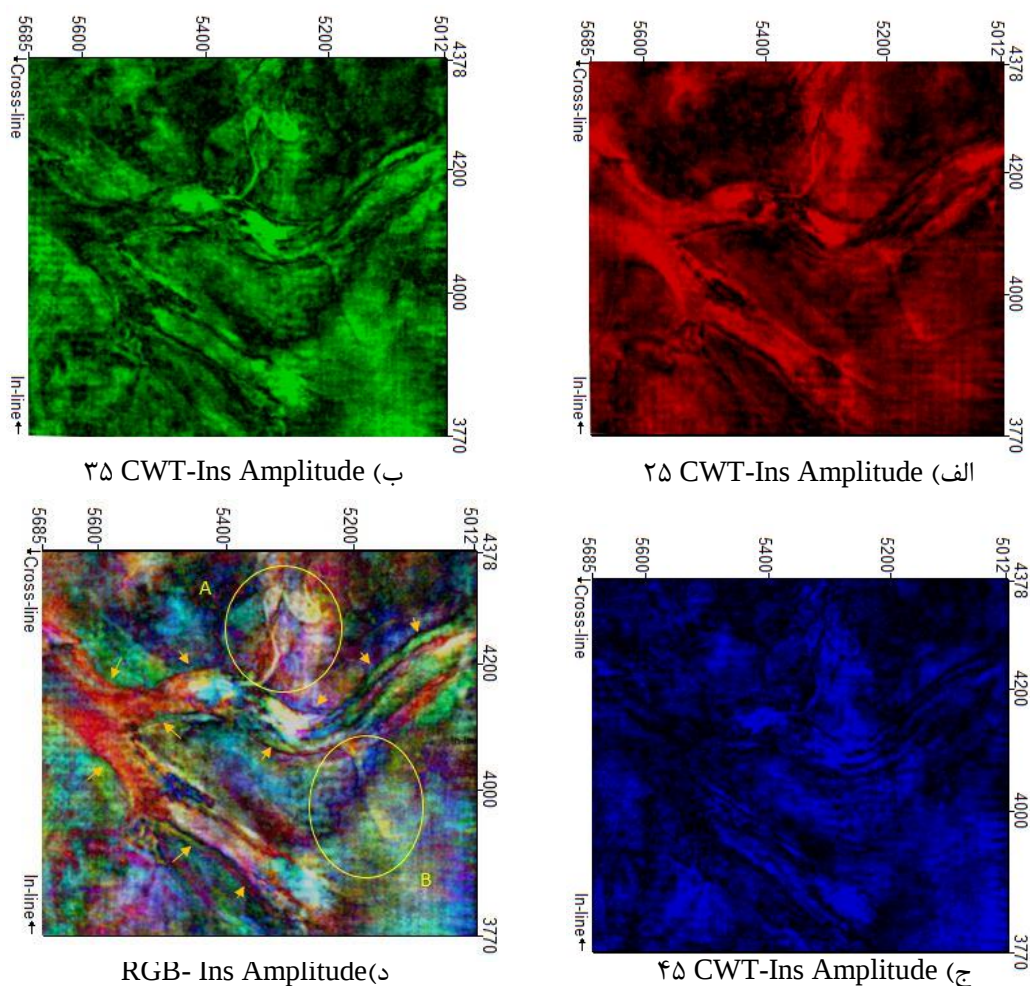
شکل ۳-۱۵. الف) اعمال نشانگر انرژی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز
 ب) اعمال نشانگر انرژی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز ج) اعمال
 نشانگر انرژی بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و د) ترکیب الف، ب و ج با
 استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند.

مطابق شکل ۳-۱۶، روش RGB با تعیین مرز دقیق کانال مدفون از محیط اطراف توانسته خلأ اعمال نشانگر فیلتر گرابس بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته در فرکانس‌های مختلف را تا حدی برطرف کند. در تصویر ارائه شده، پیکان‌های با رنگ نارنجی بیانگر مرزهای کانال مدفون می‌باشد و همچنین این روش محیط داخلی کانال مدفون را تا حد بسیار زیاد از زمینه جدا کرده است. کراس اسپیلی کانال مدفون که با حروف A و B (بیضی‌های زرد رنگ) مشخص شده بهتر و واضح‌تر نمایش داده شده است.



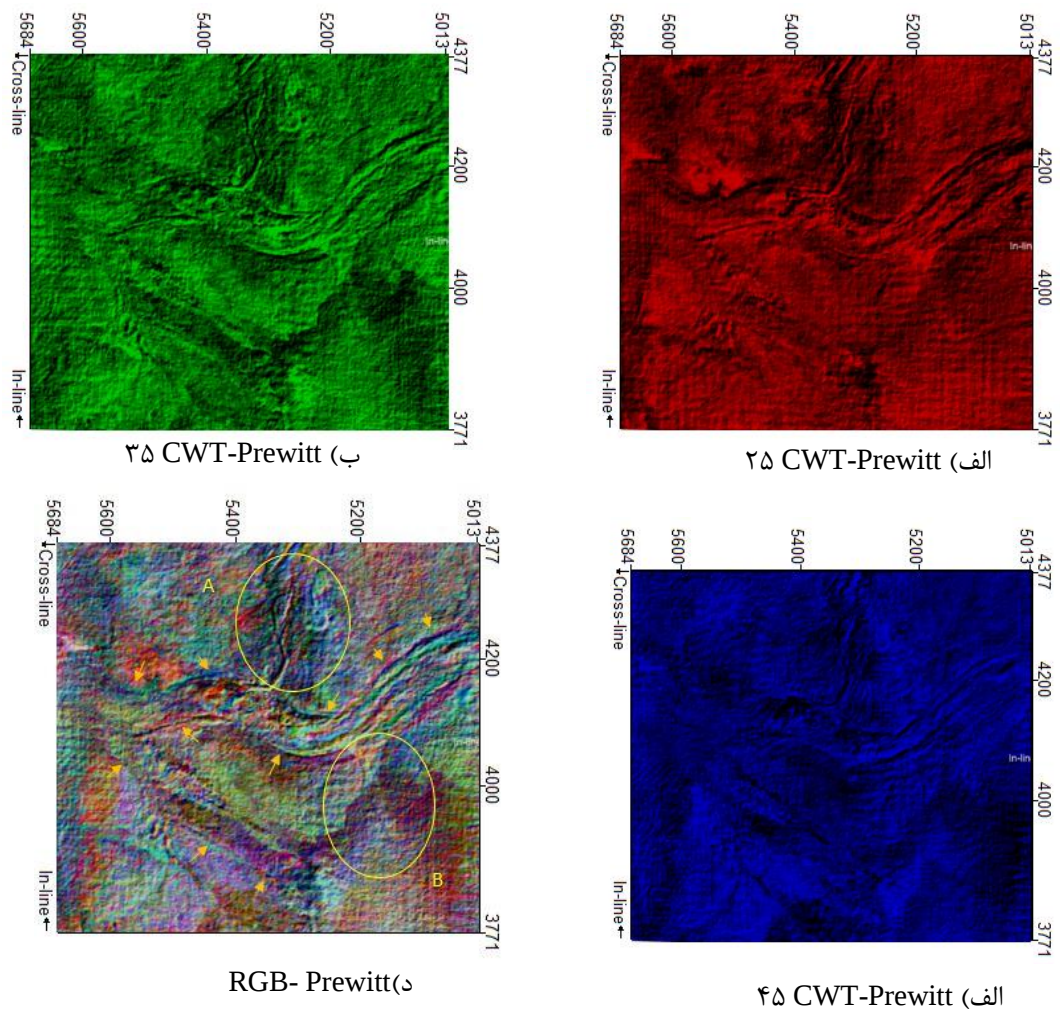
شکل ۳-۱۶. الف) اعمال نشانگر فیلتر گرابس بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز (ب) اعمال نشانگر فیلتر گرابس بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز (ج) اعمال نشانگر فیلتر گرابس بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و (د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند.

همانطور که در تصاویر شکل ۳-۱۷ مشاهده می‌شود با ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های متفاوت توسط روش RGB به صورت واضح و دقیق بیضی‌های زرد رنگ که با A و B مشخص شده که بیانگر کراس اسپیلی‌های کانال مدفون هستند، نمایان شده است و همچنین پیکان‌های نارنجی رنگ محدوده کانال مدفون را تعیین کرده است و می‌توان روش RGB را به‌عنوان تعیین کننده لبه‌های کانال مدفون استفاده نمود. محیط داخلی کانال مدفون تا حدود زیادی از محیط خارجی قابل تفکیک است.



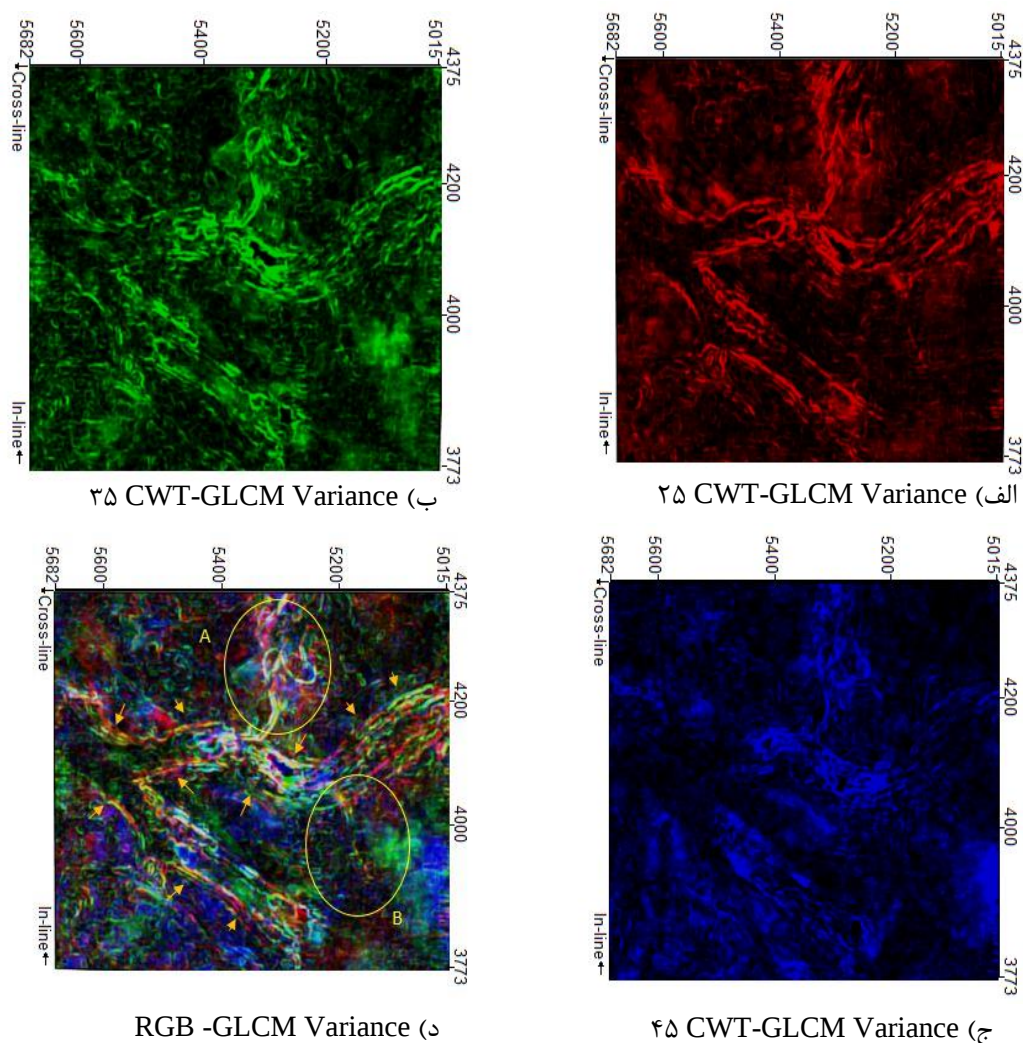
شکل ۳-۱۷. الف) اعمال نشانگر دامنه لحظه‌ای بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز ب) اعمال نشانگر دامنه لحظه‌ای بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز ج) اعمال نشانگر دامنه لحظه‌ای بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند.

با ترکیب به روش RGB تا حدودی مرزهای شاخه اصلی بالایی کانال مدفون را برجسته کرده است در صورتی شاخه پایینی اصلی مرزهای آن به صورت ناچیز از محیط اطراف تفکیک شده است (پیکان‌های نارنجی رنگ). کراس اسپیلی A به طور واضح از زمینه جدا شده و به خوبی مشاهده شده است در حالی که کراس اسپیلی B به صورت واضح دیده نشده است (شکل ۳-۱۸ د)



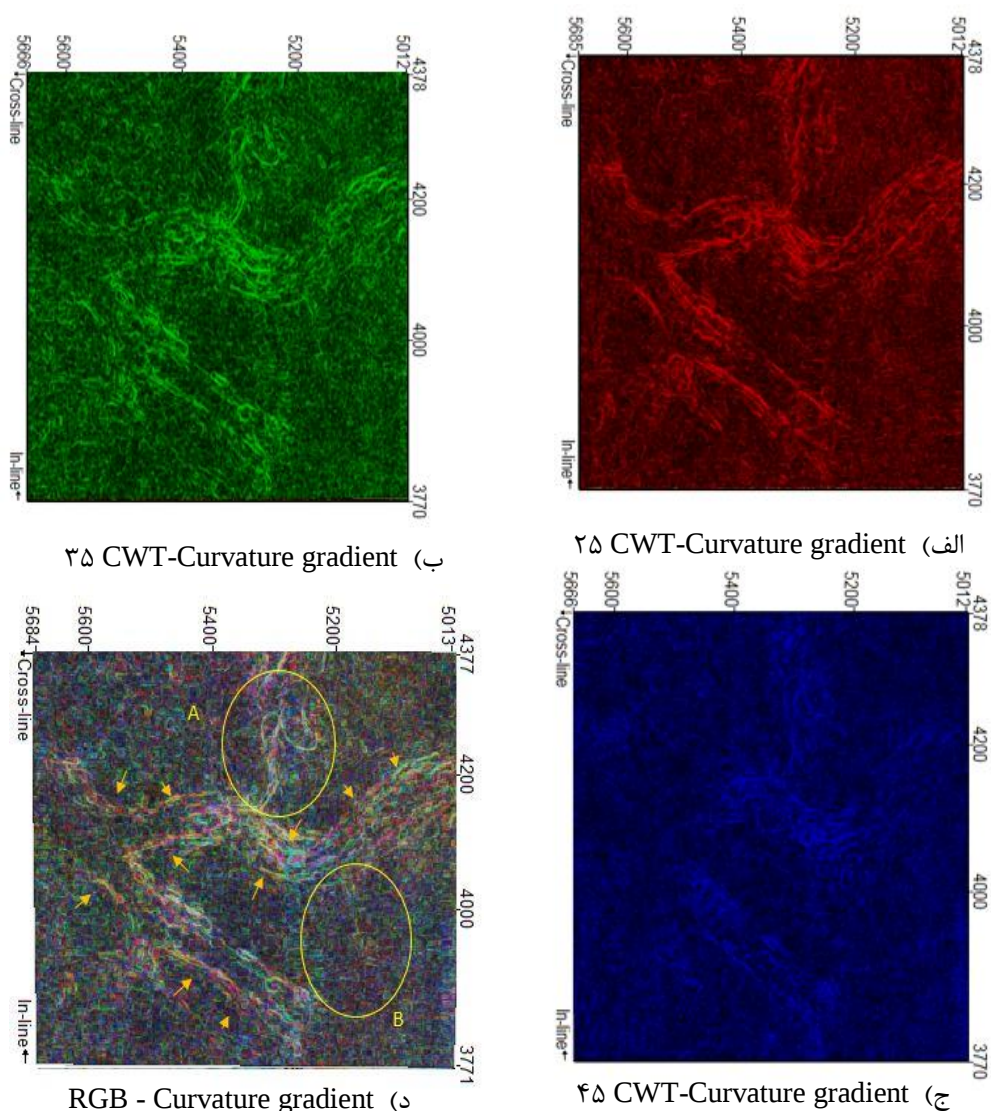
شکل ۳-۱۸. الف) اعمال نشانگر پرویت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز ب) اعمال نشانگر پرویت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز ج) اعمال نشانگر پرویت بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند

آنچه از پیکان‌های نارنجی رنگ شکل ۳-۱۹ می‌توان دریافت کرد که با ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز (که نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری روی هر کدام از فرکانس‌های مذکور اعمال شده است) به روش RGB این امکان را فراهم کرده است که محیط داخلی کانال مدفون از زمینه به صورت متمایز مشاهده شود و در نتیجه مرزهای کانال مدفون به طور واضح از سایر نقاط قابل تفکیک شوند علاوه بر آن بیضی زرد رنگ A که نشان‌دهنده‌ی کراس اسپیلی کانال مدفون می‌باشد با درجه وضوح بیشتری رویت شده است.



شکل ۳-۱۹. الف) اعمال نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز ب) اعمال نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز ج) اعمال نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند.

با ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های مختلف (۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز) که روی آن‌ها نشانگر شیب انحنا اعمال شده است به روش RGB همانطور که شکل ۳-۲۰ (د) مشاهده می‌شود بافت داخلی کانال مدفون از بافت خارجی متمایز شده است و کانال را به صورت برجسته قابل رویت است. بیضی زرد رنگ A که نشان‌دهنده‌ی شاخه‌ی فرعی کانال مدفون است به خوبی دیده شده است (پیکان‌های سیاه رنگ بیانگر مسیر کانال مدفون می‌باشد)

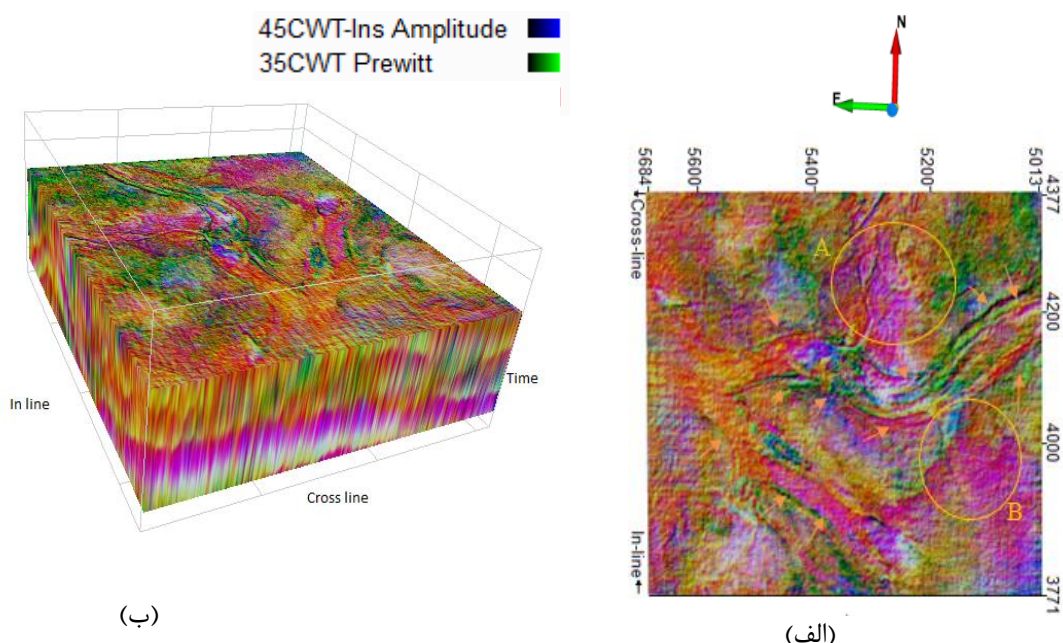


شکل ۳-۲۰. الف) اعمال نشانگر شیب انحنا بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز با رنگ قرمز ب) اعمال نشانگر شیب انحنا بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز با رنگ سبز ج) اعمال نشانگر شیب انحنا بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز با رنگ آبی و د) ترکیب الف، ب و ج با استفاده از روش RGB را نشان می‌دهند.

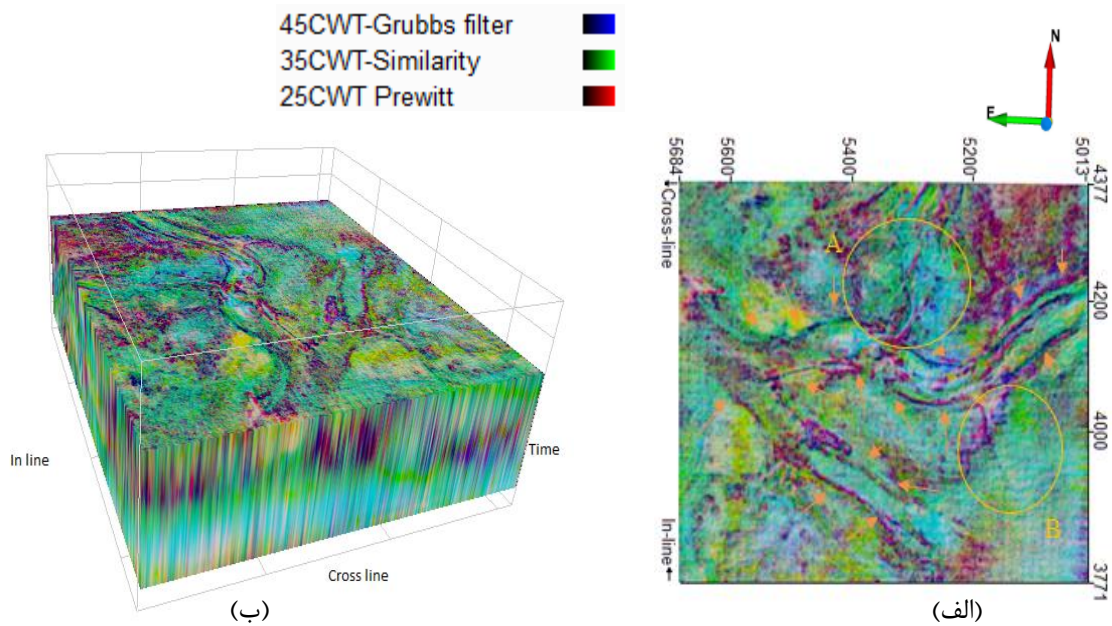
۳-۴-۱ ترکیب نشانگرهای مختلف برای چند فرکانس با استفاده از روش RGB

در این مرحله بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های مختلف (فرکانس ۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز) نشانگرهای مختلف (سه نشانگر مختلف) اعمال شده و سپس با روش RGB ترکیب شده است.

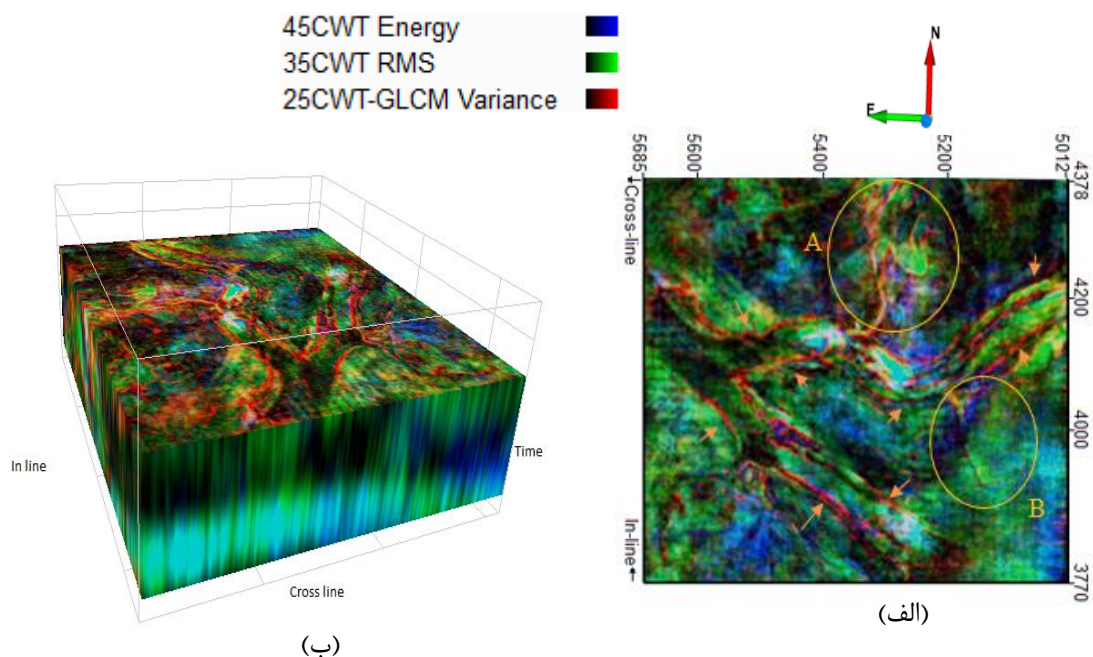
از بین حالت‌های بررسی شده پاسخ‌های متفاوتی به دست آمده است که محدوده داخلی کانال مدفون و مرز کانال مدفون را از زمینه متمایز می‌کند. برای به دست آوردن حالت‌های دیگر، می‌بایست ترتیب قرارگیری نتایج حاصل از نشانگرها را تغییر داد. در این شرایط ۳۰۲۴ حالت حاصل شده است که بررسی هر تعداد حالت‌ها بسیار زمان‌بر خواهد بود در نتیجه با به دست آوردن حالت‌های مناسب از نتایج حاصل شده از بررسی دیگر حالات چشم‌پوشی شده است.



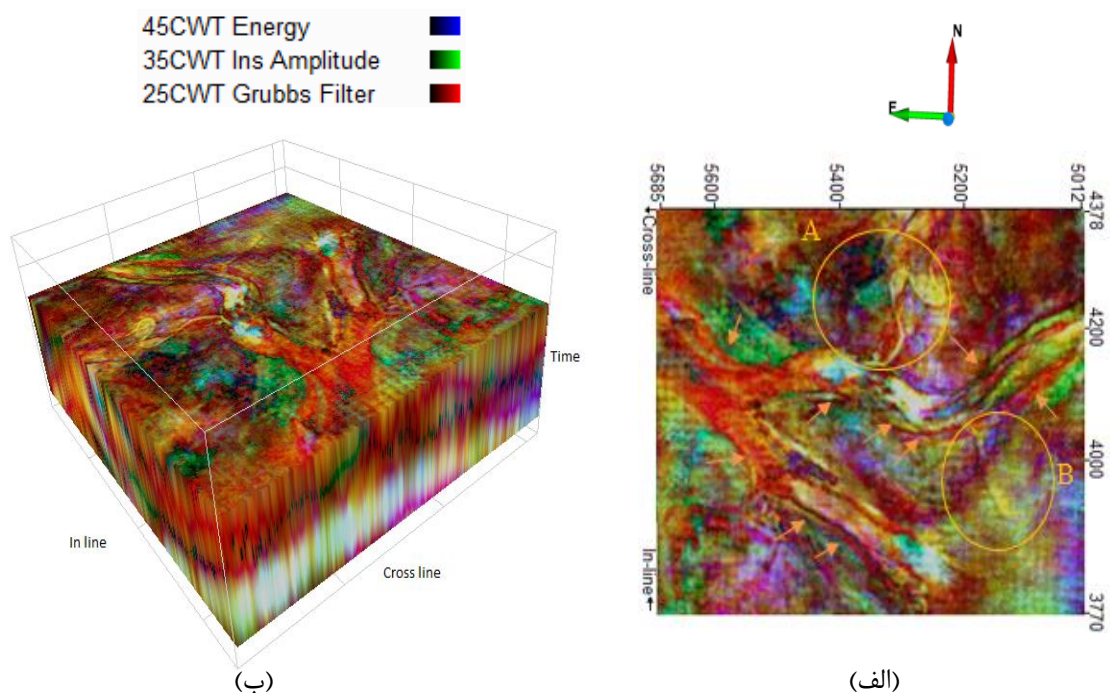
شکل ۳-۴-۱. (الف) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه‌بعدی ترکیب به روش تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر دامنه لحظه‌ای و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر پرویت و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر شباهت اعمال شده را نشان می‌دهد



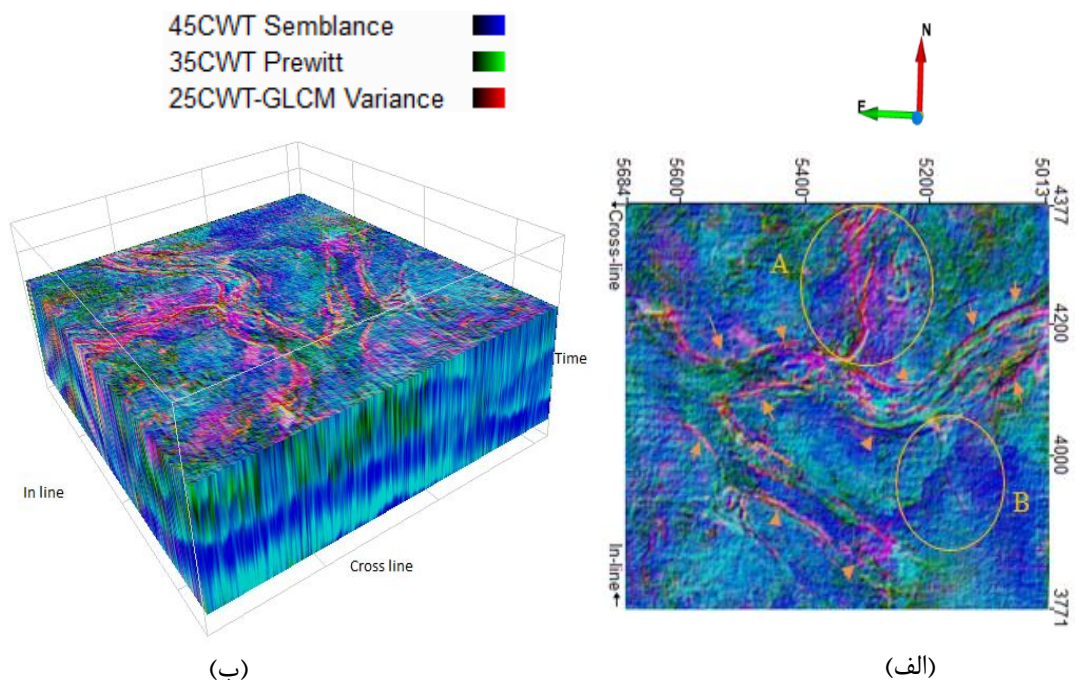
شکل ۳-۲۲. (الف) وب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر فیلتر گرابس و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر شباهت و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر پرویت اعمال شده را نشان می‌دهد.



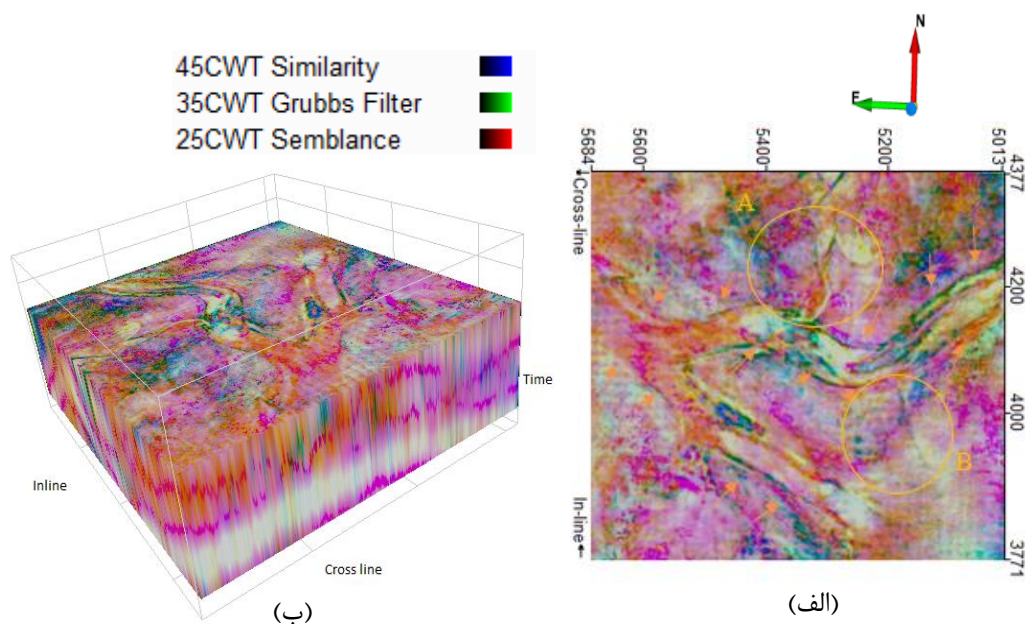
شکل ۳-۲۳. (الف) وب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر انرژی و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر میانگین ریشه مربعات دامنه و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری اعمال شده را نشان می‌دهد.



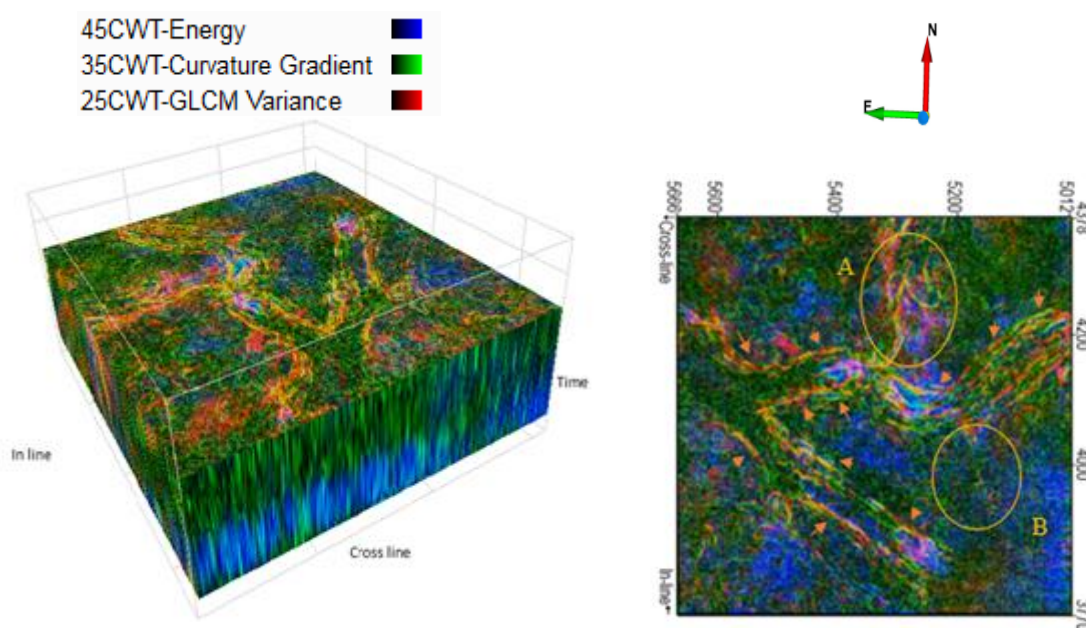
شکل ۳-۲۴. (الف) وب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر انرژی و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر دامنه لحظه‌ای و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر فیلتر گرابس اعمال شده را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲۵. (الف) وب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر هم‌دوسی و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر پرویت و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری اعمال شده را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲۶. (الف) و (ب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر شباهت و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر فیلتر گراس و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر همدوسی اعمال شده را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۲۷. (الف) و (ب) به ترتیب تصویر دوبعدی و سه بعدی ترکیب تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۴۵ هرتز که روی آن نشانگر انرژی و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ هرتز که روی آن نشانگر شیب انحنا و تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۲۵ هرتز که روی آن نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری اعمال شده را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۳-۲۱ تصویر (الف) اعمال نشانگر شباهت، پرویت و دامنه لحظه‌ای به ترتیب بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز که با رنگ قرمز، سبز و آبی را نشان داده که توسط روش RGB باهم ترکیب شده را نمایش می‌دهد اما شکل ۳-۲۴ تصویر (الف) اعمال نشانگرهای فیلتر گرابس، دامنه لحظه‌ای و انرژی به ترتیب بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز که با رنگ قرمز، سبز و آبی نمایش داده را به وسیله روش RGB باهم ترکیب شده را نشان می‌دهد در حالی که شکل ۳-۲۶ تصویر (الف) بیانگر نشانگرهای همدوسی، فیلتر گرابس و شباهت اعمال شده بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته به ترتیب با فرکانس‌های ۲۵ هرتز با رنگ قرمز، ۳۵ هرتز با رنگ سبز و ۴۵ هرتز با رنگ آبی و ترکیب آن‌ها با روش RGB می‌باشد. با توجه به تصاویر (الف) شکل‌های ۳-۲۱، ۳-۲۴ و ۳-۲۶ می‌توان دریافت که برجستگی مرزهای کانال توانسته بافت داخلی کانال را از زمینه تفکیک کند که پیکان‌های نارنجی رنگ حاکی از آن است. کراس اسپیلی‌ها (بیضی‌های زرد رنگ A و B) به خوبی و به صورت واضح نمایش داده شده است. تصویر (الف) شکل ۳-۲۲ که ترکیب نشانگرهای لبه‌یابی مانند: پرویت، شباهت و فیلتر گرابس اعمال شده روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های به ترتیب ۲۵ هرتز به رنگ قرمز، ۳۵ هرتز به رنگ سبز و ۴۵ هرتز به رنگ آبی به روش RGB را نشان می‌دهد که همانطور که ملاحظه می‌شود RGB مرزهای کانال مدفون را از محیط اطراف متمایز کند که پیکان‌های با رنگ نارنجی در تصویر بیانگر آن است. بیضی‌های زرد رنگ A و B که کراس اسپیلی‌ها را نشان می‌دهند به صورت واضح مشاهده شده است. تصویر (الف) شکل ۳-۲۳ اعمال نشانگرهای واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری، میانگین ریشه مربعات دامنه و انرژی روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته به ترتیب با فرکانس‌های ۲۵ هرتز با رنگ قرمز، ۳۵ هرتز با رنگ سبز و ۴۵ هرتز با رنگ آبی و ترکیب آن‌ها به روش RGB را نشان می‌دهد، در صورتی که تصویر (الف)

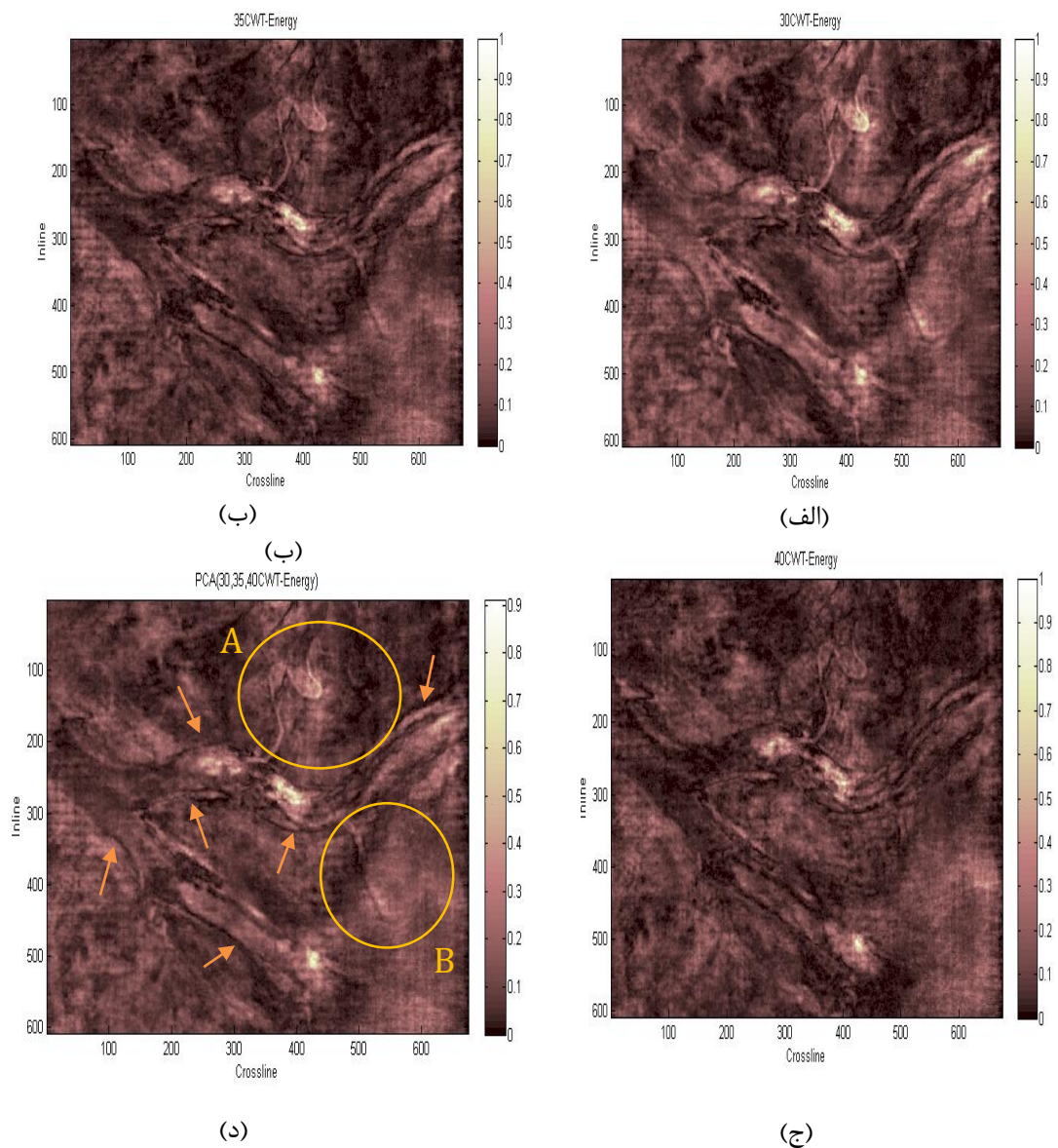
شکل ۳-۲۵ نشان‌دهنده‌ی ترکیب به روش RGB نشانگرهای واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری، پرویت و همدوسی اعمال شده بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته به ترتیب با فرکانس‌های ۲۵ هرتز با رنگ قرمز، ۳۵ هرتز با رنگ سبز و ۴۵ هرتز می‌باشد اما تصویر (الف) شکل ۳-۲۷ نشان‌دهنده‌ی تلفیق تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ که به ترتیب نشانگرهای واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری، شیب انحنا و انرژی که بر روی آن‌ها اعمال شده به روش RGB می‌باشد. همانطور که در تصویر (الف) شکل‌های ۳-۲۳، ۳-۲۵ و ۳-۲۷ مشاهده می‌شود روش RGB توانسته محیط داخلی کانال مدفون را از زمینه تفکیک کند و همچنین محدوده‌ی و مرزهای کانال مدفون به صورت واضح دیده شود. کراس اسپیلی‌ها (بیضی‌های زرد رنگ A و B) به خوبی قابل رویت هستند.

۳-۴-۲ ترکیب با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اساسی

در این روش ترکیب به سه صورت، ترکیب با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اساسی فرکانس-های مختلف یک نشانگر، ترکیب نشانگرهای مختلف برای یک فرکانس با استفاده از روش تحلیل مولفه اساسی و ترکیب با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اساسی فرکانس مختلف با نشانگرهای متفاوت، انجام شده است

۳-۴-۲-۱ ترکیب با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اساسی فرکانس‌های مختلف یک نشانگر

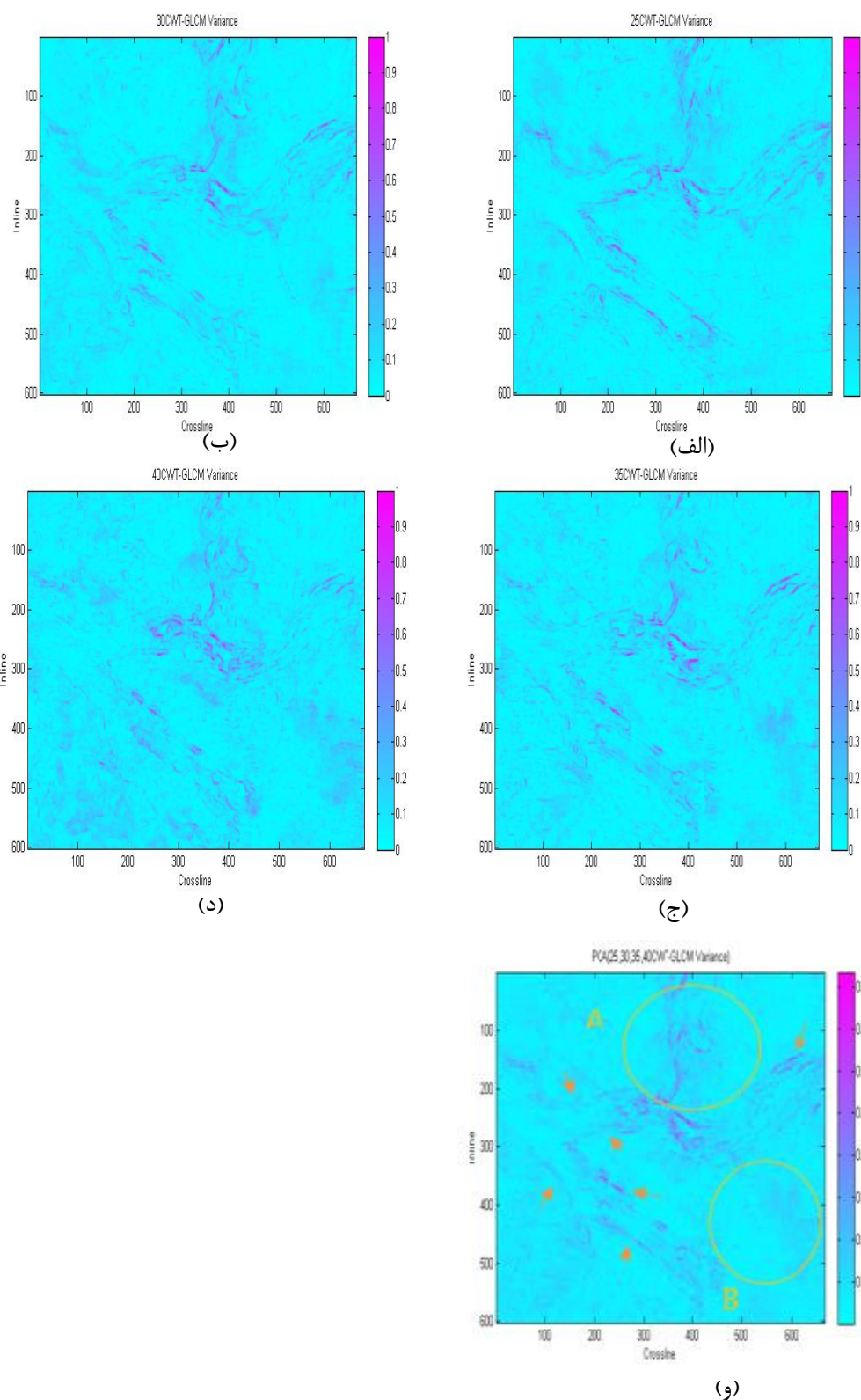
با توجه به اینکه ترکیب با استفاده از این روش در محیط نرم افزار متلب انجام شده است برای درک بهتر نتایج حاصل از این ترکیب تصاویر تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های مختلف و یک نشانگر به صورت نرمال شده در این قسمت آورده شده است.



شکل ۳-۲۸. تصاویر (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب اعمال نشانگر انرژی روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۳۰، ۳۵ و ۴۰ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (د) ترکیب تصاویر (الف)، (ب) و (ج) را به روش تحلیل مولفه‌های اساسی را نمایش می‌دهد.

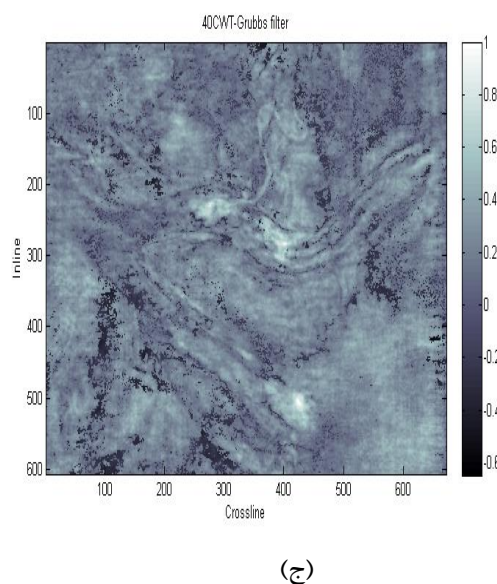
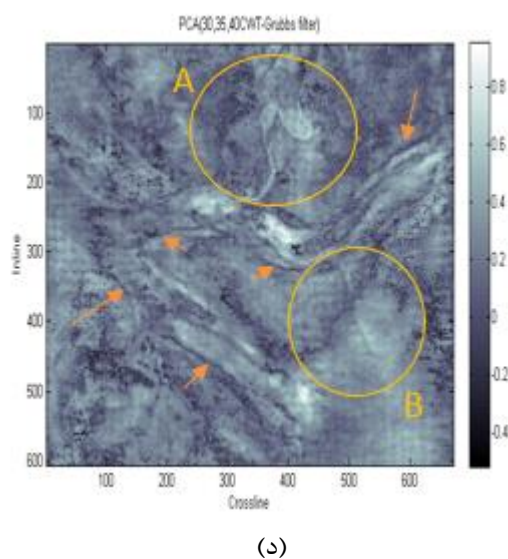
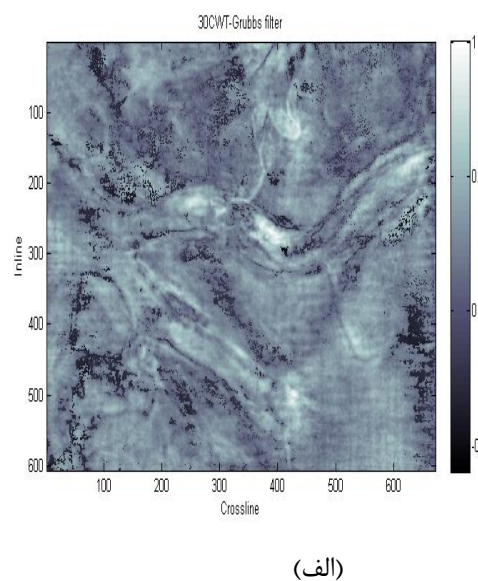
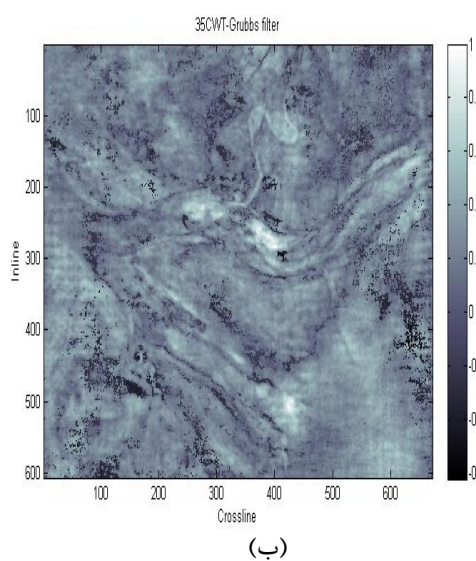
مطابق شکل ۳-۲۸ تحلیل مولفه‌های اساسی (تصویر (د)) توانسته با وضوح بهتر مرزهای کانال مدفون

و کراس اسپیلی‌ها را نسبت به هر کدام از تصاویر (الف)، (ب) و (ج) نشان دهد.



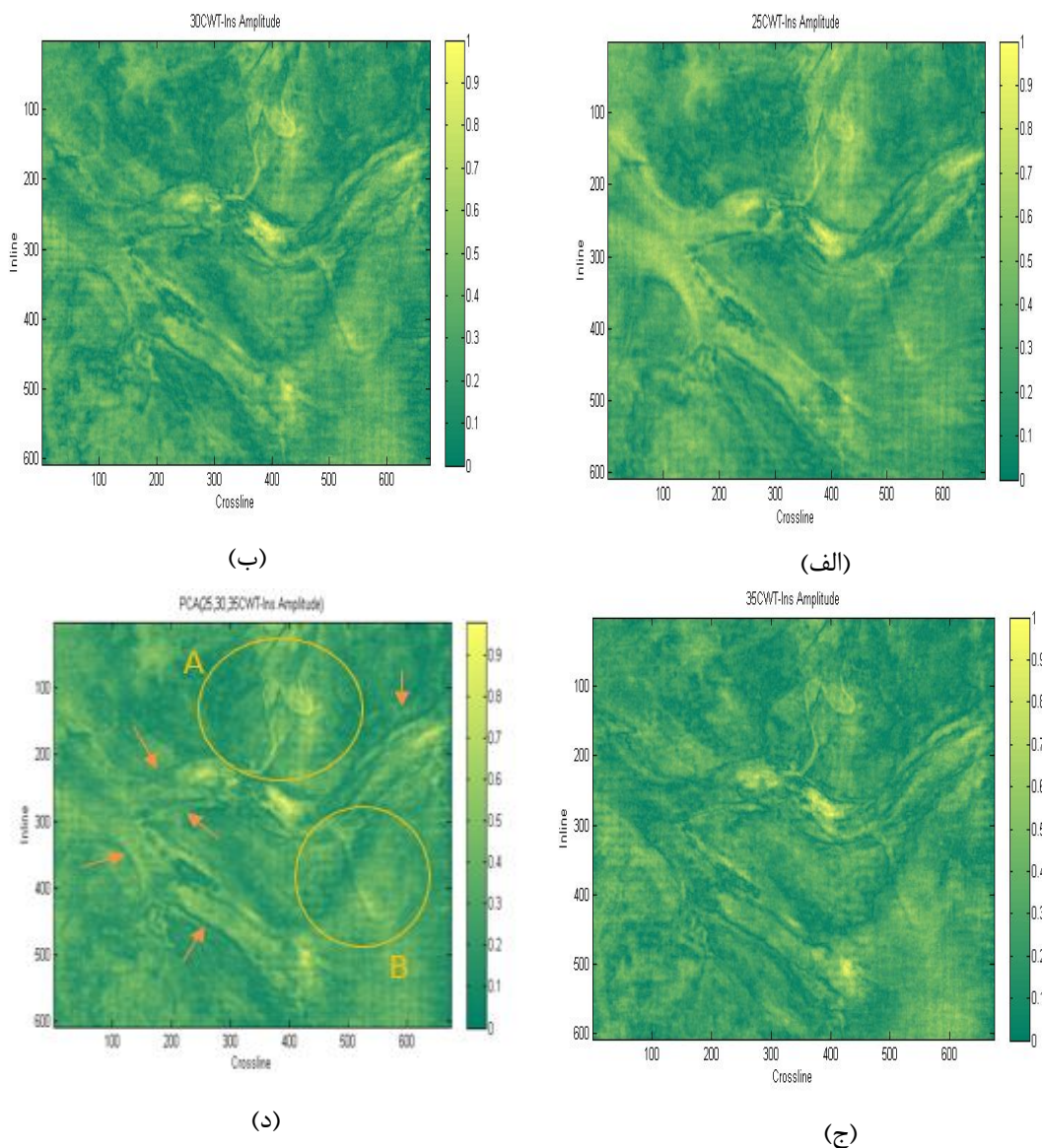
شکل ۳-۲۹. تصاویر (الف)، (ب)، (ج) و (د) به ترتیب اعمال نشانگر واریانس ماتریس هم‌رخداد سطح خاکستری روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (و) ترکیب تصاویر (الف)، (ب)، (ج) و (د) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می‌دهد.

همانطور که در شکل ۳-۲۹ مشاهده می‌شود، تصاویر (الف) و (ب) نسبت به تصاویر (ج) و (د) مرزهای کانال را به خوبی نشان دادند اما با ترکیب این چهار تصویر به روش تحلیل مولفه اساسی که تصویر و بیانگر آن است توانسته عدم وضوح تصاویر (ج) و (د) را بهتر جبران کند علاوه بر آن تصویر و پیوستگی کانال مدفون و کراس اسپیلی‌ها (بیضی‌های زرد رنگ A و B) را به صورت واضح نمایش داده است.



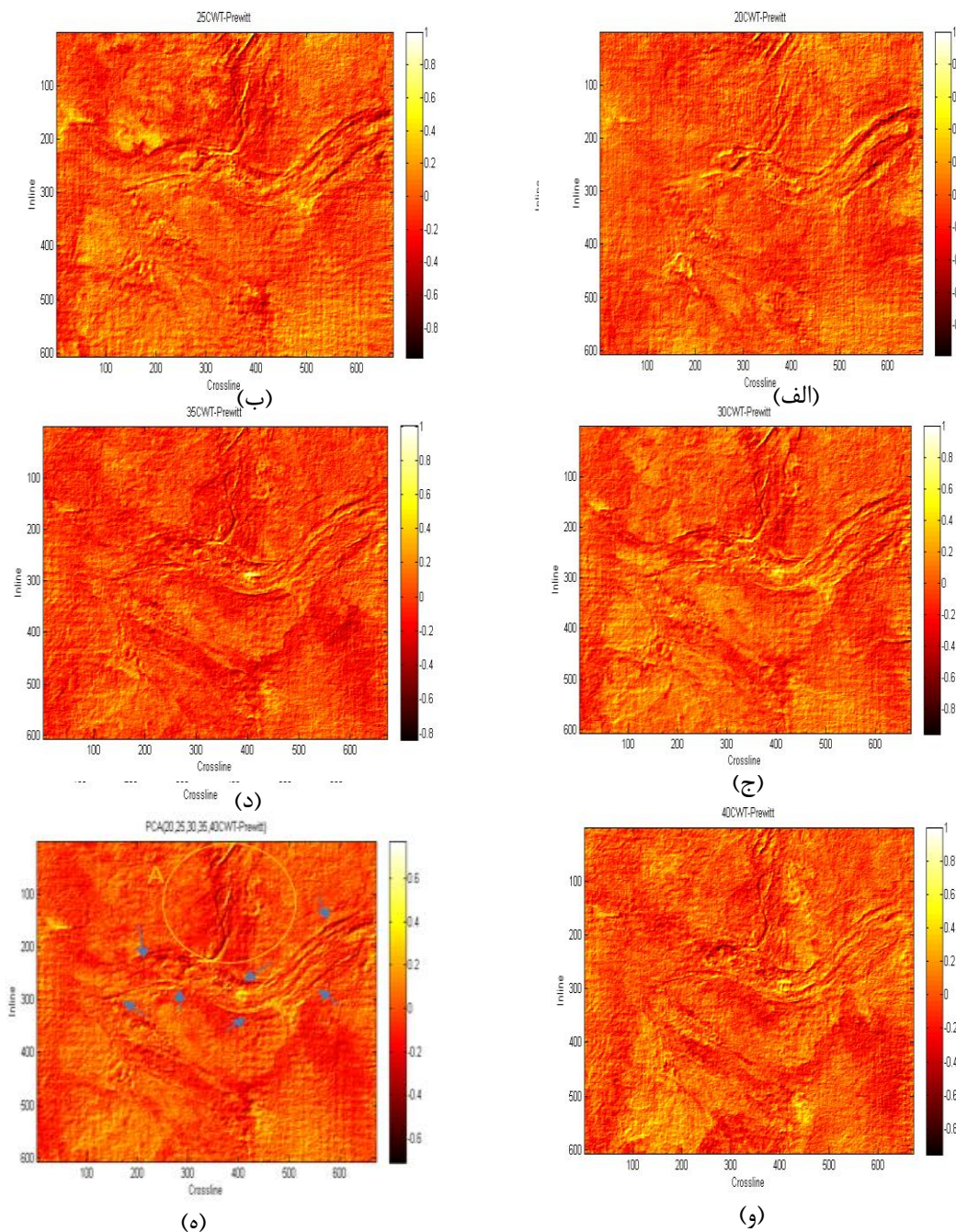
شکل ۳-۳۰. تصاویر (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب اعمال نشانگر فیلتر گرابس روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۳۰، ۳۵ و ۴۰ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (د) ترکیب تصاویر (الف)، (ب) و (ج) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می‌دهد.

از روی شکل ۳-۳۰ هر سه تصویر الف، ب و ج می‌توان کانال مدفون را مشاهده کرد در صورتی با ترکیب این سه تصویر با روش تحلیل مولفه اساسی (تصویر د) مرزهای کانال مدفون را توانسته به خوبی و با وضوح بهتر نشان دهد.



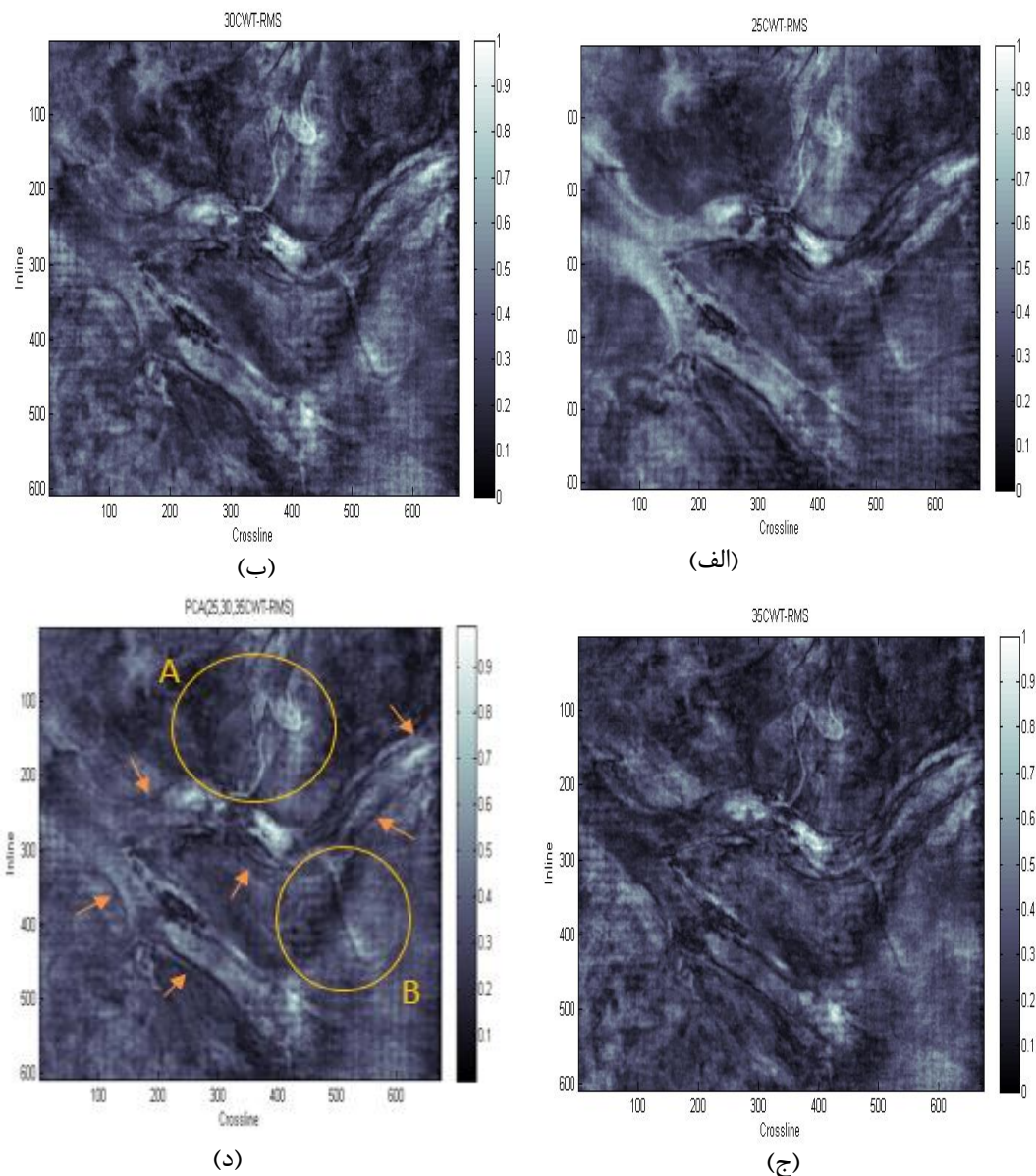
شکل ۳-۳۱. تصاویر (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب اعمال نشانگر دامنه لحظه‌ای روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۵، ۳۰ و ۳۵ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (د) ترکیب تصاویر (الف)، (ب) و (ج) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می‌دهد.

جهت ترکیب اعمال نشانگر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های خوبی انتخاب شده که کانال مدفون را در آن دیده شده با ترکیب این سه تصویر دنبال بهبود نتایج حاصله هستیم که با روش تحلیل مولفه اساسی پیوستگی و وضوح مرزهای کانال مدفون و تمایز بافت داخلی از زمینه بهتر قابل رویت است (تصویر (د) شکل ۳-۳۱)



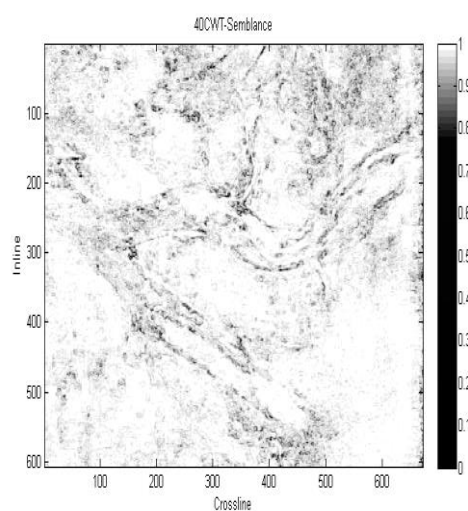
شکل ۳-۳۲. تصاویر (الف)، (ب)، (ج)، (د) و (و) به ترتیب اعمال نشانگر پرویت روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (ه) ترکیب تصاویر (الف)، (ب)، (ج)، (د) و (و) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می‌دهد.

طبق تصویر (ه) شکل ۳-۳۲ تحلیل مولفه اساسی مرزهای شاخه فوقانی کانال مدفون را از محیط اطراف متمایز کرده و توانسته به صورت برجسته آن را قابل رویت کند و همچنین کراس اسپیلی A (بیضی زرد رنگ در تصویر ه) را واضح نشان داده است.

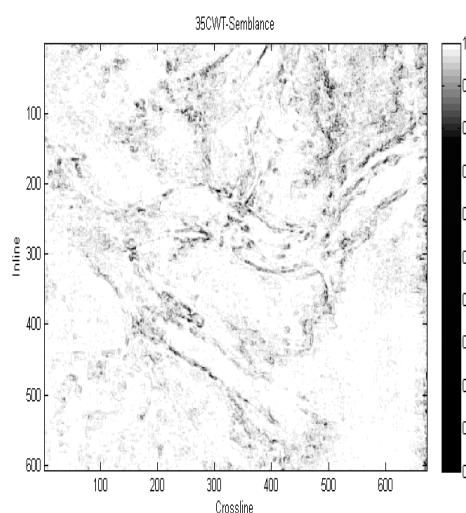


شکل ۳-۳۳. تصاویر (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب اعمال نشانگر میانگین ریشه مربعات دامنه روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۲۵، ۳۰ و ۳۵ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (د) ترکیب تصاویر (الف)، (ب) و (ج) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می‌دهد.

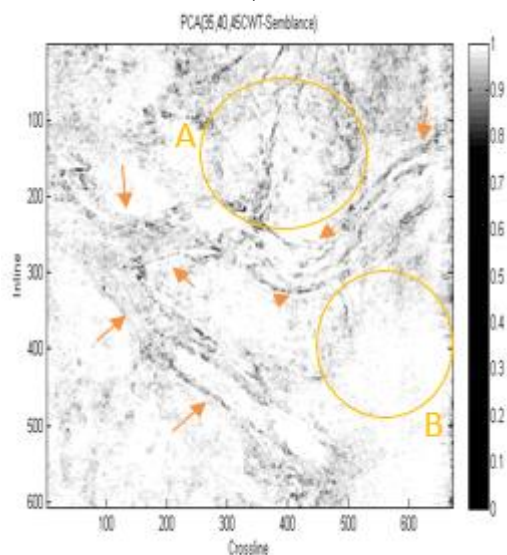
همانطور که در تصویر (د) شکل ۳-۳۳ مشاهده می‌شود که ترکیب به روش تحلیل مولفه اساسی پیوستگی کانال مدفون را به خوبی نشان داده و همچنین توانسته محیط داخلی کانال مدفون را از محیط خارجی مجزا کند و به همین دلیل باعث شده که مرزهای کانال مدفون با وضوح بیشتر از هریک از تصاویر الف تا ج را نمایش دهد.



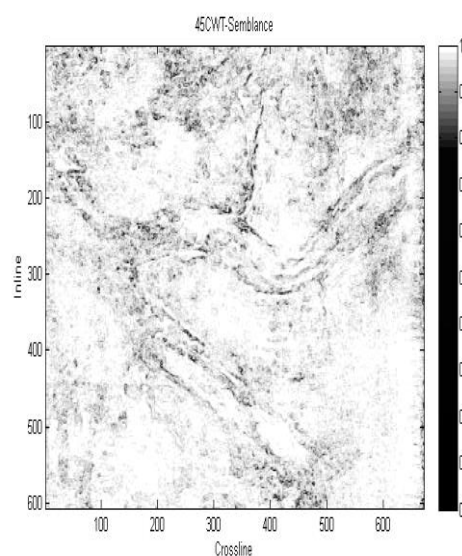
(ب)



(الف)



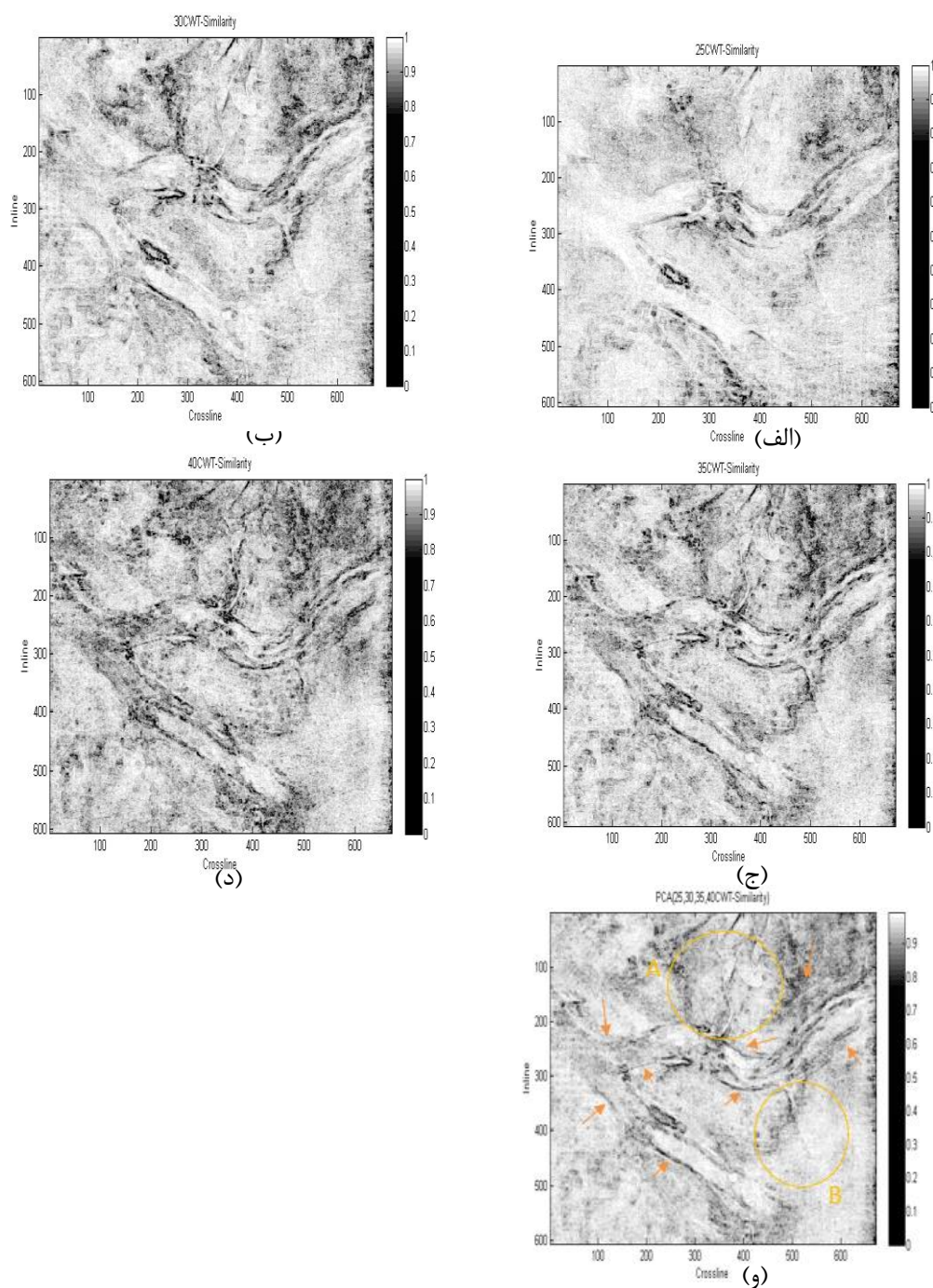
(د)



(ج)

شکل ۳-۳۴. تصاویر (الف)، (ب) و (ج) به ترتیب اعمال نشانگر همدوسی روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۳۵، ۴۰ و ۴۵ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (د) ترکیب تصاویر (الف)، (ب) و (ج) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می‌دهد.

ترکیب به روش تحلیل مولفه اساسی این امکان را فراهم کرده است که محیط داخلی کانال مدفون از زمینه آن به صورت متمایز مشاهده شود و در نتیجه مرزهای کانال مدفون به طور واضح از سایر نقاط قابل تفکیک شوند(همانگونه که در تصویر (د)مربوط به شکل ۳-۳۴ ملاحظه می شود).

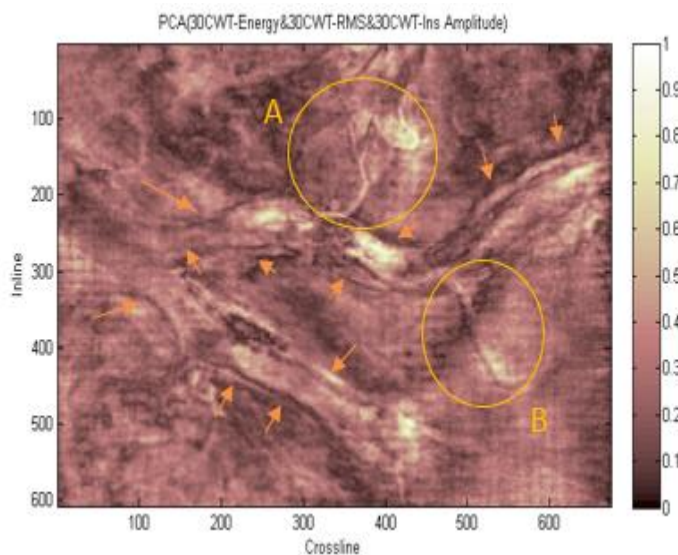


شکل ۳-۳۵. تصاویر (الف)، (ب)، (ج)، و (د) به ترتیب اعمال نشانگر شباهت روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ هرتز را نشان داده در صورتی که تصویر (و) ترکیب تصاویر (الف)، (ب)، (ج) و (د) را به روش تحلیل مولفه اساسی را نمایش می دهد.

با ترکیب این چهار تصویر همانطور در شکل ۳-۳۵ با استفاده تحلیل مولفه اساسی ((تصویر (و)) تمایز محیط داخلی کانال مدفون را از محیط بیرون کانال به خوبی مشاهده شده و همین باعث شده لبه‌های کانال مدفون با درجه وضوح بیشتری نسبت به هریک از تصاویر الف، ب، ج و د دیده شود علاوه براین کراس اسپیلی‌ها A و B خیلی عالی نسبت به بقیه تصاویر قابل رویت شده است.

۳-۴-۲ ترکیب نشانگرهای مختلف برای یک فرکانس با استفاده از روش تحلیل مولفه اساسی :

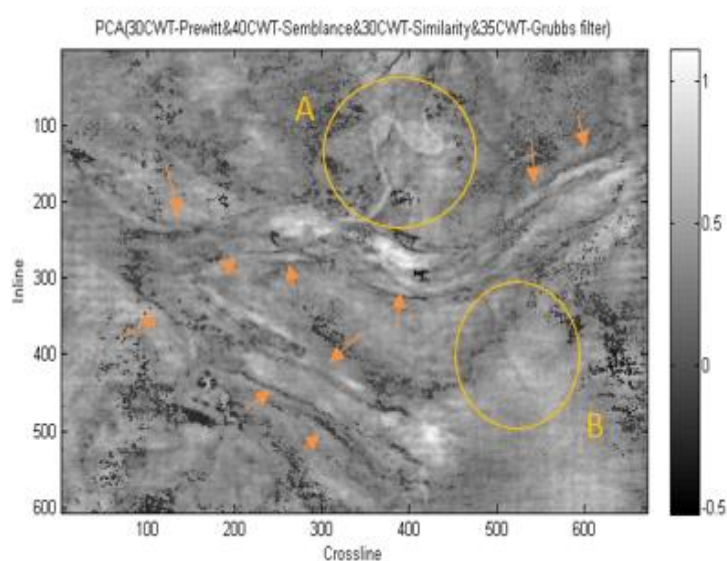
به دلیل اینکه تصاویر مربوط به اعمال نشانگرهای انرژی، میانگین ریشه مربعات دامنه و دامنه لحظه‌ای روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۰ هرتز در مرحله قبل ذکر شده در این بخش نتیجه نهایی به دست آمده از ترکیب به روش تحلیل مولفه اساسی آورده شده است.



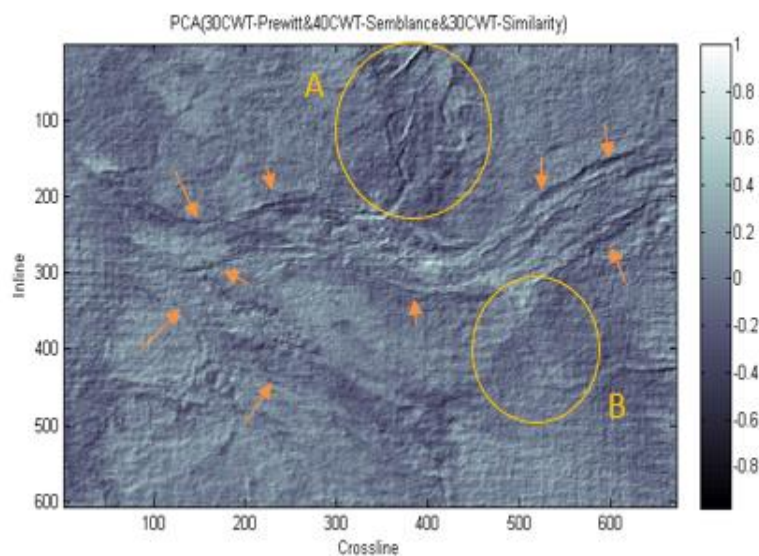
شکل ۳-۳۶. ترکیب به روش تحلیل مولفه اساسی مربوط به اعمال نشانگرهای انرژی، میانگین ریشه مربعات دامنه و دامنه لحظه‌ای روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۰ هرتز را نشان می‌دهد.

همانطور که در شکل ۳-۳۶ مشاهده می‌شود محیط داخلی نسبت به محیط خارجی کانال مدفون به خوبی تفکیک شده است و سبب شده که مرزهای کانال به صورت واضح دیده شوند و همچنین کراس اسپیلی A و B (بیضی‌های زرد رنگ در شکل ۳-۳۶) بهتر نمایش داده شده است.

۳-۴-۲-۳ ترکیب نشانگر مختلف با فرکانس‌های متفاوت با استفاده از روش تحلیل مولفه اساسی:



(الف)



(ب)

شکل ۳-۳۷. (الف) و (ب) اعمال نشانگرهای مختلف با فرکانس‌های متفاوت و ترکیب آن‌ها به روش تحلیل مولفه اساسی را نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۳-۳۷ تصویر الف ترکیب نشانگرهای لبه یابی پرویت، همدوسی، شباهت و فیلتر گرابس اعمال شده به ترتیب روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۳۰، ۴۰، ۳۰، ۳۵ هرتز به روش تحلیل مولفه اساسی را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود فیلتر گرابس اعمال شده بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۵ بیشترین تاثیر را بر روی ترکیب ایجاد کرده است. این ترکیب توانسته بافت داخلی را از بافت خارجی کانال مدفون را به صورت واضح جدا کند. سبب شده که مرزهای کانال مدفون به خوبی مشاهده شود و همچنین کراس اسپیلی A و B به صورت واضح دیده شده است. تصویر ب مربوط به شکل ۳-۳۷ نتیجه به‌دست از ترکیب به روش تحلیل مولفه اساسی نشانگرهای لبه یابی پرویت، همدوسی و شباهت اعمال شده به ترتیب بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس‌های ۳۰، ۴۰ و ۳۰ هرتز را نمایش می‌دهد. پیکان‌های نارنجی رنگ بیانگر این است که این ترکیب این امکان تفکیک بافت داخلی از زمینه و یا محیط اطراف را فراهم کرده که این باعث شده لبه‌های کانال مدفون با درجه وضوح بیشتری قابل رویت شوند. البته لازم به ذکر است که نشانگر لبه‌یابی پرویت اعمال شده بر روی تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس ۳۰ هرتز نسبت به بقیه نشانگرهای لبه یابی اعمال شده در این تصویر تاثیر بیشتری بر روی ترکیب به روش تحلیل مولفه اساسی گذاشته است.

فصل ۴ : نتیجه گیری و پیشنهادات

۴-۱ نتیجه‌گیری

نتیجه استفاده از استراتژی پیشنهادی نشان داده است که ترکیب نشانگرچند لرزه ای تصاویر بهتری نسبت به نشانگر واحد (تک نشانگری) برای تفسیر زمین شناسی فراهم می کند. اگرچه در مطالعات قبلی از ترکیب دو نشانگر استفاده شده است، با این حال، استراتژی مورد استفاده در اینجا ادغام گام به گام اطلاعات مفید از نشانگرهای مختلف برای یافتن بهترین راه حل ممکن برای مسئله خاص در شناسایی خصوصیات کانال مدفون بود. برخی از نشانگرها به طور کارآمد مرز کانال را شناسایی می کنند، در حالی که برخی دیگر از نشانگرها سیستم کانال را بر اساس تفاوت در ویژگی های لرزه ای رسوب داخل و خارج کانال جدا می کنند. همچنین برخی از نشانگرها تغییر در خصوصیات لرزه ای رسوب کانال پر کننده را بر اساس تغییر در خصوصیات رسوبات نشان می دهند. با تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های ۲۵، ۳۵ و ۴۵ هرتز و اعمال نشانگرهای لبه یابی و مناسب جهت شناسایی کانال مدفون بر روی آن ها توانستیم کانال مدفون را واضح نشان بدهیم اما برای بهتر نشان دادن شاخه های اصلی و کراس اسپیلی کانال نتایج به دست آمده از تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با فرکانس های مذکور را با استفاده از روش RGB ترکیب کردیم و همچنین برای ترکیب بیش از سه افق که روی آن ها تجزیه طیفی تبدیل موجک پیوسته با نشانگرهای مناسب اعمال شده از روش PCA (در محیط متلب) استفاده کردیم، که با هر دو روش توانستیم بافت داخلی کانال مدفون از زمینه و محیط اطراف (بافت خارجی) به صورت متمایز مشاهده شود و در نتیجه مرزهای کانال مدفون به طور واضح از سایر نقاط قابل تفکیک شوند علاوه بر آن کراس اسپیلی کانال مدفون با درجه وضوح بیشتری قابل رویت شده اند

۲-۴ پیشنهادات

۱) در این پایان نامه از روش تبدیل موجک پیوسته برای تحلیل زمان-فرکانس داده‌ها استفاده شده است. به کار بردن روش‌های تحلیل زمان-فرکانس دیگر مانند تبدیلات بر مبنای فوریه مانند: تبدیل فوریه زمان-کوتاه یا تبدیل S و یا تبدیلات دیگری مانند تبدیل فشرده شده همزمان می‌تواند موضوع مناسبی برای مطالعه باشد.

۲) در این پایان نامه از روش تلفیق داده RGB استفاده شده است. اگرچه این تکنیک شاید مرسوم ترین روش تلفیق داده در تحقیقات منتشر شده باشد، اما بررسی روش های دیگر تلفیق داده می تواند نتایج جالب توجهی داشته باشد.

۳) کاربرد مورد نظر در این پایان نامه آشکارسازی کانال‌های مدفون بود. بررسی الگوریتم پیشنهادی در پایان نامه در کاربردهای دیگری مانند: آشکارسازی الگوی گسلی یا بررسی ویژگی های زمین شناسی و چینه ای و یا در مطالعه گنبد های نمکی نیز نتایج قابل توجهی به دست خواهد داد.

- [۱] مزدیان فرد، م.ر.، ندیمی، ص.، "استفاده از گنبد‌های نمکی برای تولید بهینه الکتریسیته"، نشریه انرژی ایران، سال ۱۲، شماره ۳۰، تابستان ۱۳۸۸
- [۲] اعظم پور، ف.، روشندل کاهوا، ا. احمدی فرد، ع.، حیدریان، ع.، "شناسایی کانال های مدفون با استفاده از نشانگر لرزه‌ای سوبل سه بعدی"، دومین همایش ملی نفت و گاز ایران، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۳۹۳
- [۳] Iske, A., & Randen, T. (Eds.). (۲۰۰۶). Mathematical methods and modelling in hydrocarbon exploration and production (Vol. ۷). Springer Science & Business Media.
- [۴] Vincent, O. R., & Folorunso, O. (۲۰۰۹, June). A descriptive algorithm for sobel image edge detection. In Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (InSITE) (Vol. ۴۰, pp. ۹۷-۱۰۷). California: Informing Science Institute.
- [۵] Gupta, S., & Mazumdar, S. G. (۲۰۱۳). Sobel edge detection algorithm. International journal of computer science and management Research, ۲(۲), ۱۵۷۸-۱۵۸۳.
- [۶] Rijks, E. J. H., & Jauffred, J. C. E. M. (۱۹۹۱). Attribute extraction: An important application in any detailed ۳-D interpretation study. The Leading Edge, ۱۰(۹), ۱۱-۱۹.
- [۷] Gersztenkorn, A., & Marfurt, K. J. (۱۹۹۹). Eigenstructure-based coherence computations as an aid to ۳-D structural and stratigraphic mapping. Geophysics, ۶۴(۵), ۱۴۶۸-۱۴۷۹.
- [۸] Chopra, S., & Marfurt, K. J. (۲۰۱۱). Structural curvature versus amplitude curvature. In SEG Technical Program Expanded Abstracts ۲۰۱۱ (pp. ۹۸۰-۹۸۴). Society of Exploration
- [۹] Chopra, S., and Marfurt, K.J. ۲۰۱۱b. Observing fracture lineaments with Euler curvature. ۸۱st SEG Annual International Meeting, San Antonio, TX, Expanded Abstracts, ۹۹۰-۹۹۴.
- [۱۰] Phillips, M., Fomel, S., & Swindeman, R. (۲۰۱۶). Structure-oriented plane-wave Sobel filter for edge detection in seismic images. In SEG Technical Program Expanded Abstracts ۲۰۱۶ (pp. ۱۹۵۴-۱۹۵۹). Society of Exploration Geophysicists.
- [۱۱] Al-Dossary, S., & Marfurt, K. J. (۲۰۰۳). Improved ۳-D seismic edge-detection filter applied to Vinton Dome Louisiana. In SEG Technical Program Expanded Abstracts ۲۰۰۳ (pp. ۲۳۷۰-۲۳۷۲). Society of Exploration Geophysicists.
- [۱۲] Di, H., & Gao, D. (۲۰۱۴). Gray-level transformation and Canny edge detection for ۳D seismic discontinuity enhancement. Computers & Geosciences, ۷۲, ۱۹۲-۲۰۰.
- [۱۳] Liu, E., Crampin, S., & Hudson, J. A. (۱۹۹۷). Diffraction of seismic waves by cracks with application to hydraulic fracturing. Geophysics, ۶۲(۱), ۲۵۳-۲۶۵.
- [۱۴] Chopra, S., & Marfurt, K. J. (۲۰۰۷). Seismic attributes for prospect identification and reservoir characterization. Society of Exploration Geophysicists and European Association of Geoscientists and Engineers.
- [۱۵] Hart, B. S. (۲۰۰۸). Channel detection in ۳-D seismic data using sweetness. AAPG bulletin, ۹۲(۶), ۷۳۳-۷۴۲.
- [۱۶] محبیان، ر. ۱۳۹۰. "کاربرد نشانگرهای طیفی لحظه‌ای به روش تعقیب تطابق در تشخیص کانال‌های مدفون"، دانشگاه تهران، موسسه ژئوفیزیک.
- [۱۷] محبیان، ر.، یاری، م. و ریاحی، م.ع. ۱۳۹۲. "کاربرد نشانگرهای طیفی لحظه‌ای برای شناسایی کانال‌های

نفت گیر".

- [۱۸] زارعی، م.، روشندل کاهو، ا.، سیاه کوهی، ح. ر.، صادقی، م.، "شناسایی کانال مدفون با استفاده از تبدیل فوریه زمان کوتاه واهمامیختی"، مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۶، شماره ۴، ۱۳۹۱، صفحه ۸۵-۹۵
- [۱۹] صادقی، م.، روشندل کاهو، ا.، سیاه کوهی، ح. ر.، عیدریان،.، نمایش کانال های مدفون با استفاده از روش تحلیل مولفه های اصلی، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۴۰، شماره ۱، ۱۳۹۳، صفحه ۴۵-۵۶
- [۲۰] غضنفری بروجنی، ع و جواهریان، ع. ۱۳۹۵ تلفیق نشانگرهای لرزه ای با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی جهت تشخیص و شناسایی کانال های مدفون.
- [۲۱] یوسفی، ا، ریاحی، م. ح و هاشمی، ح. ۱۳۹۵. تشخیص کانال نفت گیر به وسیله تحلیل بافت لرزه ای با استفاده از نشانگرهای مبتنی بر ماتریس GLCM.
- [۲۲] کربلاعلی، ه.، جواهریان، ع.، غلامی، ف.، "شناسایی مرز کانال در داده های لرزه نگاری سه بعدی برمبنای تبدیل شیرلت"، ماهنامه ی علمی- ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز، شماره ۱۵۴، ۱۳۹۶.
- [۲۳] Hu, Q. H. Q., X. H. X. He, and Q. W. Q. Wu, ۲۰۰۳, Concurrent edge detection with spiral architecture on Linux: Proceedings of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing, ۳-۷.
- [۲۴] L. S. Davis (۱۹۷۵) "A survey of edge detection techniques.", *Computer Graphics and Image Processing*, vol. ۴, pp. ۲۴۸-۲۷۰.
- [۲۵] N. R. Pal and S. K. Pal (۱۹۹۳) "A review on image segmentation techniques.", *Pattern Recognition*, vol. ۲۶, pp. ۱۲۷۷-۱۲۹۴.
- [۲۶] S. M. Bhandarkar, Y. Zhang and W. D. Potter (۱۹۹۴) "An edge detection technique using genetic algorithm-based optimization.", *Pattern Recognition*, vol. ۲۷, pp. ۱۱۰۹-۱۱۸
- [۲۷] Dagar, N. S., & Dahiya, P. K. (۲۰۲۰). Edge Detection Technique using Binary Particle Swarm Optimization. *Procedia Computer Science*, ۱۶۷, ۱۴۲۱-۱۴۳۶.
- [۲۸] Kumar, A., & Raheja, S. (۲۰۲۰). Edge Detection using Guided Image Filtering and Enhanced Ant Colony Optimization. *Procedia Computer Science*, ۱۷۳, ۸-۱۷
- [۲۹] Chen, X., He, Z., Huang D., ۲۰۰۸, Seismic data edge detection based on higher-order pseudo Hilbert transform: Progress in Geophysics, ۲۳(۴):۱۱۰۶-۱۱۱۰
- [۳۰] Karachentsev, I. D., R. B. Tully, A. Dolphin, M. Sharina, L. Makarova, D. Makarov, O. G. Kashibadze, V. Karachentseva, S. Sakai, E. J. Shaya, and L. Rizzi, ۲۰۰۶, The Hubble flow around the CenA/M۸۳ galaxy complex: The Astronomical Journal, ۱۳۳, ۳۱, doi ۱۰.۱۰۸۶/۵۱۰۱۲۵.
- [۳۱] Jing, Z., Z. Yanqing, C. Zhigang, and L. Jianhua, ۲۰۰۷, Detecting boundary of salt dome in seismic data with edge detection technique: ۷۷th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, ۱۳۹۲-۱۳۹۶.
- [۳۲] Aqrabi, A. A., and T. H. Boe, ۲۰۱۱, Improved fault segmentation using a dip guided and modified ۳D Sobel filter: ۸۱st Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, ۹۹۹-۱۰۰۳.
- [۳۳] Al-Dossary, S., ۲۰۱۳, Fault detection and characterization using a ۳D multidirectional Sobel filter: Presented at the SPE-SAS Annual Technical Symposium & Exhibition.
- [۳۴] Adetokunbo, P., Al-Shuhail, A. A., & Al-Dossary, S. (۲۰۱۶). ۳D seismic edge detection using magic squares and cubes. *Interpretation*, ۴(۳), T۲۷۱-T۲۸۰.
- [۳۵] Coleman, S. A., Scotney, B. W., & Suganthan, S. (۲۰۱۱). Multi-scale edge detection on range and intensity images. *Pattern Recognition*, ۴۴(۴), ۸۲۱-۸۳۸.
- [۳۶] Guo, F., Yang, Y., Chen, B., & Guo, L. (۲۰۱۰). A novel multi-scale edge detection technique based on wavelet analysis with application in multiphase flows. *Powder Technology*, ۲۰۲(۱-۳), ۱۷۱-۱۷۷.

- [37] Nes, P. G. (2012). Fast multi-scale edge-detection in medical ultrasound signals. *Signal Processing*, 92(10), 2394-2408.
- [38] Dessing, F. J., Hoekstra, E. V., Herrmann, F. J., & Wapenaar, C. P. A. (1996). Multiscale edge detection by means of multiscale migration. In *SEG Technical Program Expanded Abstracts 1996* (pp. 459-462). Society of Exploration Geophysicists
- [39] Lopez-Molina, C., De Baets, B., Bustince, H., Sanz, J., & Barrenechea, E. (2013). Multiscale edge detection based on Gaussian smoothing and edge tracking. *Knowledge-Based Systems*, 44, 101-111.
- [40] Zhao, Y., Yue, Y., Huang, J., Wang, J., Liu, B., & Liu, C. (2015). A multi-scale edge detection method of structure-oriented sobel gradient attribute based on three-parameter wavelet. In *SEG Technical Program Expanded Abstracts 2015* (pp. 1702-1706). Society of Exploration Geophysicists
- [41] Brown, A. R. (2001). Understanding seismic attributes. *Geophysics*, 76(1), 47-48.
- [42] Brouwer, F., & Huck, A. (2011). An integrated workflow to optimize discontinuity attributes for the imaging of faults. In *Attributes: New Views on Seismic Imaging—Their Use in Exploration and Production. GCSSEPM, 31st Annual Conference Publication*, 496-533.
- [43] De Rooij, M., & Tingdahl, K. (2002). Meta-attributes—the key to multivolume, multiattribute interpretation. *The Leading Edge*, 21(10), 1000-1003
- [44] Marfurt, K. J., Kirlin, R. L., Farmer, S. L., & Bahorich, M. S. (1998). 3-D seismic attributes using a semblance-based coherency algorithm. *Geophysics*, 73(4), 1100-1110.
- [45] Heggland, R. (2004, December). Hydrocarbon Migration and Accumulation above Salt Domes—Risking of Prospects by the Use of Gas Chimneys. In *Proceedings of 24th Annual GCSSEPM Foundation Bob F. Perkins Research Conference “Salt-Sediment Interactions and Hydrocarbon Prospectivity: Concepts, Applications, and Case Studies for the 21st Century*.
- [46] Chorpá, S., & Marfurt, K. J. (2007). Seismic attributes for prospect identification and reservoir characterization: Society of Exploration Geophysicists. *Tulsa, OK*
- [47] Koson, S., Chenrai, P., & Choowong, M. (2014). Seismic attributes and their applications in seismic geomorphology. *Bulletin of Earth Sciences of Thailand*, 7(1), 1-9.
- [48] www.doc.opendtect.org
- [49] Sigismondi, M. E., and J. C. Soldo, 2003, Curvature attributes and seismic interpretation: Case studies from Argentina basins: *The Leading Edge*, 22, 1122-1126, doi: 10.1190/1.1634916.
- [50] Kreyszig, E. (2006). *Instructor's Manual For Advanced Engineering Mathematics*. John Wiley & Sons, Inc..
- [51] Allen, J. (1977). Short term spectral analysis, synthesis, and modification by discrete Fourier transform. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 25(3), 235-238.
- [52] Mallat, S. (1999). *A wavelet tour of signal processing*. Elsevier.
- [53] Vincent, r., and folorunso, o., (2009), A Descriptive Algorithm for Sobel Image Edge Detection: Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (**InSITE**)
- [54] L. S. Davis (1975) “A survey of edge detection techniques.”, *Computer Graphics and Image Processing*, vol. 4, pp. 248-270.
- [55] Gupta, S., and Mazumdar, S. G., (2013), Sobel Edge Detection Algorithm: *International Journal of Computer Science and Management Research*, vol.2.
- [56] Shrivakshan, G. T., and Chandrasekar, C., (2012), A Comparison of various Edge Detection Techniques used in Image Processing: *International Journal of Computer Science (IJCSI) Issues*, 9

- [۵۷] Trucco, E., and Verri, A., (۱۹۹۸), Introductory Techniques for ۳-D Computer Vision: Prentice Hall.
- [۵۸] Gonzalez, R. C., and Woods, R. E., (۲۰۰۸), Digital Image Processing: Pearson/Prentice Hall
- [۵۹] D. Marr and E. Hildreth (۱۹۸۰) "Theory of edge detection." *Proceedings of the Royal Society of London - Biological Sciences*, vol. ۲۰۷, pp. ۱۸۷-۲۱۷
- [۶۰] S. Chaudhuri, S. Chatterjee, N. Katz, M. Nelson and M. Goldbaum (۱۹۸۹) "Detection of blood vessels in retinal images using twodimensional matched filters.", *IEEE transactions on medical imaging*. Vol. ۸, pp. ۲۶۳-۲۶۹.
- [۶۱] T. Peli and D. Malah (۱۹۹۲) "A study of edge detection algorithms.", *Computer Graphics and Image Processing*, vol. ۲۰, pp. ۱-۲۱.
- [۶۲] N. S. Dagar, P. K. Dahiya (۲۰۱۸) "A Comparative Analysis of Edge Detection Algorithm and Performance Metric Using Precision, Recall and F- Score.", *International Journal of Modern Electronics and Communication Engineering (IJMECE)* ISSN: ۲۳۲۱-۲۱۵۲ Volume No.-۶, Issue No.-۶
- [۶۳] N. S. Dagar & P. K. Dahiya (۲۰۱۹) "Edge Detection Using Distinct Particle Swarm Optimization (DPSO).", *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, ISSN: ۲۲۷۸-۳۰۷۵, Volume-۸, Issue-۹.
- [۶۴] S. M. Bhandarkar, Y. Zhang and W. D. Potter (۱۹۹۴) "An edge detection technique using genetic algorithm-based optimization.", *Pattern Recognition*, vol. ۲۷, pp. ۱۱۵۹-۱۱۸
- [۶۵] S. Coleman, B. Scotney, S. Suganthan, Multi-scale edge detection on range and intensity images, *Pattern Recognition* ۴۴ (۴) (۲۰۱۱) ۸۲۱-۸۳۸.
- [۶۶] V. Torre, T. Poggio, On edge detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* ۸ (۲) (۱۹۸۴) ۱۴۷-۱۶۳.
- [۶۷] A.P. Witkin, Scale-space filtering, in: Proc. of the International Joint Conference on Artificial Intelligence, vol. ۲, Karlsruhe, ۱۹۸۳, pp. ۱۰۱۹-۱۰۲۲.
- [۶۸] F. Bergholm, Edge focusing, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* ۹ (۶) (۱۹۸۷) ۷۲۶-۷۴۱.
- [۶۹] D. Wang, A multiscale gradient algorithm for image segmentation using watersheds, *Pattern Recognition* ۳۰ (۱۲) (۱۹۹۷) ۲۰۴۳-۲۰۵۲.
- [۷۰] O. Laligant, F. Truchetet, J. Miteran, P. Gorria, Merging system for multiscale edge detection, *Optical Engineering* ۴۴ (۳) (۲۰۰۵) ۱-۱۱.
- [۷۱] H. Jeong, C. Kim, Adaptive determination of filter scales for edge detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* ۱۴ (۵) (۱۹۹۲) ۵۷۹-۵۸۵.
- [۷۲] J. Elder, S. Zucker, Local scale control for edge detection and blur estimation, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* ۲۰ (۷) (۱۹۹۸) ۶۹۹-۷۱۶.
- [۷۳] Lopez-Molina, C., De Baets, B., Bustince, H., Sanz, J., & Barrenechea, E. (۲۰۱۳). Multiscale edge detection based on Gaussian smoothing and edge tracking. *Knowledge-Based Systems*, ۴۴, ۱۰۱-۱۱۱
- [۷۴] Sumengen, B., & Manjunath, B. S. (۲۰۰۵, September). Multi-scale edge detection and image segmentation. In *۲۰۰۵ 17th European Signal Processing Conference* (pp. ۱-۴). IEEE
- [۷۵] Gonzalez, R. C., and Woods, R. E., ۲۰۰۲, Digital Image Processing: Addison-Wesley.
- [۷۶] Guo, H., Lewis, S., and Marfurt, K. J., ۲۰۰۸, Mapping multiple attributes to three and four component color models- A tutorial: Geophysics, ۷۳, ۷-۱۹.
- [۷۷] MathWorks team., ۲۰۰۴, Image Processing Toolbox User's Guide: The MathWorks, Inc.
- [۷۸] [لطفی زاده، م، میرقاسمی، س، عمومی، ا.م، (۱۳۹۰)، پردازش تصاویر دیجیتال: انتشارات پیوند نو.
- [۷۹] Jobson, J.D., "Multivariate Distributions, Inference, Regression and Canonical Correlation," *Appl. Multivar. Data Anal.*, pp. ۱۳۱-۲۰۷, ۱۹۹۲.
- [۸۰] Croux, C., and Haesbroeck, G., "Principal component analysis based on robust estimators of the covariance or correlation matrix: influence functions and efficiencies," *Biometrika*, pp. ۶۰۳-۶۱۸, ۲۰۰۰.

[۸۱] معلمی، ع.، کرمانشاه، م.، " ضرورت های مطالعه یکپارچه حوضه رسوبی دشت آبادان (غرب کارون) "، ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۹۴، ۱۳۹۱

Abstract

Seismic data interpretation reveals properties of the subsurface structures, further geological or exploration investigations. Buried channels are desired exploratory targets for petroleum reservoir exploration, drilling concerns or geological investigations appropriate for. Therefore, it is required to precisely identify geometry of buried channels through seismic data interpretation. The continuous wavelet transform (CWT) is a spectral discrete transform method for non-stationary signal analysis to enhance resolution of seismic data both in time and frequency domains. In the presented study, we propose a strategy for precise identification of buried channels using vast number of time-frequency seismic attributes on 3D seismic data. Hence, initially spectral decomposition by the CWT method was performed on 20, 30, 40, 50 and 60 Hz frequency sections. Subsequently, related attributes, such as energy, instantaneous amplitude, average root mean square, Prewitt and Grubbs filters, similarity, semblance, and grey-level covariance matrix attributes were extracted. The most favorable results then were selected to be integrated and provide new attribute through RGB composition. This integration was performed both for single frequency and multi-frequency sections. Result of applying the proposed strategy on the selected dataset could image boundaries of the buried channel as well as its internal texture. The final attribute model reveals that the proposed strategy could be considered as an alternative to the conventional procedure of buried channel identification. Also, for combining horizons containing more than three numbers, the frequency analysis spectral decomposition of continuous wavelet transform (along with the application of the above markers) PCA method has been used. With both combinations, we were able to observe the internal texture of the buried channel differently from its outer texture. As a result, the boundaries of the buried channel are clearly distinguishable from other points. In addition, the crevasse splay of the buried canal is more clearly visible.

Keywords: Seismic attribute, RGB composition, CWT, attribute combination, buried channel, PCA.



Shahrood University of
Technology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering

M.Sc. Thesis in Geophysical Engineering- Exploration Seismology

Buried channel identification in 3D seismic data using multi- resolution edge detection methods

By: Hassan Khasraji Nezhad

Supervisor:

Dr. Amin Roshandel Kahoo
Dr. Mehrdad Soleimani Monfared

Advisor:

Dr. Mohammad Radad

October ۲۰۲۰

