

افزایش دقت در تفسیر گسل‌ها در مقطع لرزه‌ای با کمک تحلیل مولفه‌های اصلی در نشانگرها برای تعیین شکستگی‌ها در دشت گرگان

پوران‌دخت سلطانی^۱، حمید آقاجانی^{۱*} و مهرداد سلیمانی منفرد^۱

۱-دانشگاه صنعتی شاهرود، دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۰۹؛ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰

*نویسنده مسئول مکاتبات: haghajani@shahroodut.ac.ir

چکیده

شناسایی دقیق گسل‌ها و شکستگی‌های زیر سطحی نیازمند استفاده توأمان از داده‌های لرزه‌نگاری و اطلاعات چاه می‌باشد. در مناطقی که اطلاعات چاه در دستری نبوده، تفسیرهای داده‌های لرزه‌ای می‌تواند در شرایطی به تنهایی مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا نشانگرهای لرزه‌ای به طور معمول در شناسایی گسل‌ها به کار برده می‌شود. با این حال تفسیر مقاطع نشانگر لرزه‌ای در برخی موارد به تنهایی قادر به ارائه یک مدل جامع و دقیق از گسل‌ها و شکستگی‌ها نمی‌باشند. بنابراین به منظور دستیابی به مدل جامع‌تر از شکستگی‌ها و گسل‌ها لازم است به کمک روش‌هایی مانند روش تحلیل مولفه‌های اصلی، تلفیقی از نشانگرها را ایجاد کرد؛ که سبب افزایش اطلاعات مفید در حجم کمتری از داده می‌شود. در این تحقیق با اعمال روش تحلیل مولفه‌های اصلی بر روی نشانگرهای لرزه‌ای، مولفه‌های اصلی با درصد واریانس بالا انتخاب و مقاطع حاوی اطلاعات لازم و کافی در تفسیر گسل‌ها تهیه گردید. در تفسیر مقاطع بدست آمده، شکستگی‌ها و گسل‌ها به دقت و صحت بیشتری مدل گردید. همچنین به کمک این مقاطع، تصاویر ترکیبی رنگی در محیط RGB تهیه شد؛ که سبب افزایش قدرت تفکیک تصاویر در شناسایی شکستگی‌ها شد. در ادامه نشانگرهایی که ترکیب باندی بهینه‌ای با استفاده از شاخص‌های آماری نشان می‌دادند، انتخاب و به کمک روش کروسا آنالیز گردید. پیش بینی می‌شود که تصاویر تهیه شده به روش پیشنهادی، حاوی جزئیات بیشتر و دقیق‌تری از گسل‌ها و شکستگی‌ها باشد. روش پیشنهادی بر روی داده‌ای دوبعدی از دشت گرگان پیاده شد. ابتدا با مطالعه نشانگرهای مورد استفاده در شناسایی گسل‌ها، مقاطع مورد نیاز برای پیاده سازی روش پیشنهادی از داده استخراج گردید. سپس میزان اطلاعات موجود در هر نشانگر با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی استخراج شد. بدین ترتیب بخش اطلاعات غیرمرتبط حذف گردیده و تنها اطلاعات موجود در نشانگرها که با گسل‌ها در ارتباط بودند، برای تهیه مقطع نهایی مورد استفاده قرار گرفت. تصویر نهایی نشان دهنده قابلیت روش در شناسایی دقیق‌تر گسل‌ها نسبت به روش‌های معمول است.

واژگان کلیدی

تحلیل مولفه‌های اصلی
روش ترکیب رنگی RGB
روش کروسا
نشانگرهای لرزه‌ای
دشت گرگان

۱- مقدمه

مدل‌سازی دقیق گسل‌ها و شکستگی‌ها در بسیاری از مطالعات زمین‌شناسی مانند شناسایی مسیر حفاری، اکتشاف مخزن نفت و مطالعات تزریق گاز نقش مهمی را ایفا می‌کند. بر این اساس، بررسی دقیق گسل‌ها و شکستگی در تصویربرداری لرزه‌ای ضروری است. آنالیز تصاویر لرزه‌ای و تجزیه و تحلیل مقاطع نشانگرهای لرزه‌ای به عنوان ابزار تفسیری معمول در شناسایی گسل‌ها شناخته می‌شود؛ که در این بین نشانگرهای بافتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Long et al., 2018). آنالیز نشانگرهای لرزه‌ای به طور گسترده‌ای در تفسیر زمین‌شناسی مطالعات لرزه‌ای دو و سه بعدی استفاده می‌شود (Farrokhnia et al., 2018). با توجه به معادله استفاده شده در استخراج نشانگر لرزه‌ای، هر نشانگر ویژگی‌های خاصی از تصاویر لرزه‌ای و ساختار زیرسطحی را نشان می‌دهد.

جاوید و همکاران (۱۳۹۱) با استفاده از روش پردازش تصویر و الگوریتم ژنتیک به شناسایی گسل‌ها و شکستگی‌ها در نمودارهای تصویری الکتریکی پرداختند. بیات و اصغری (۱۳۹۱) با استفاده از روش زمین‌آماري چند نقطه‌ای، به مدل‌سازی سه‌بعدی شکستگی‌ها در مخازن کربناته پرداختند. جواهری نیستانک و همکاران (۱۳۸۶) با مقایسه دو نشانگر لرزه‌ای همدوسی متداول بر مبنای همبستگی عرضی و ساختار ویژه نشان دادند که نشانگر همدوسی بر مبنای ساختار ویژه دارای قدرت تفکیک بیشتری در تشخیص گسل‌ها است.

همچنین از نشانگر لرزه‌ای بر مبنای فیلتر سوبل برای شناسایی این رویدادها در داده‌های لرزه‌ای بازتابی استفاده شده است (اعظم‌پور، ۱۳۹۳). مطالعات مختلف نشان داده که در شناسایی ناپیوستگی‌های زمین‌شناسی در مقیاس‌های مختلف، می‌توان از ترکیب تجزیه طیفی و نشانگر همدوسی استفاده کرد. کاربرد ترکیب این دو نشانگر در شناسایی گسل با قدرت تفکیک مناسب نشان داده است که قدرت تفکیک ترکیب این دو نشانگر بیشتر از قدرت تفکیک هریک از نشانگرها می‌باشد (جلالوند، ۱۳۹۴). در میان انواع روش‌های موجود، روش تحلیل مولفه‌های اصلی، شناسایی دقیق - تر گسل‌ها بر روی مقاطع لرزه‌ای را ساده‌تر می‌کند (Di et al., 2018). استفاده از فیلترها و عملگرهای مختلف در پردازش داده‌های لرزه‌ای معمولاً باعث حذف گسل‌های کوچک‌تر با اثر جابجایی کم می‌شود (Shahbazi et al., 2016). هدف روش تحلیل مولفه‌های اصلی کاهش تعداد ابعاد داده با حفظ مولفه‌هایی است که بیشترین تاثیر در واریانس اطلاعات را دارند.

مهمترین کاربرد این روش را می‌توان در تجزیه و تحلیل نشانگرهای چندگانه، اندازه‌گیری و شناخت ساختارهای پیچیده، شاخص‌سازی و کاهش داده‌ها مشاهده نمود. در رابطه با روش تحلیل مولفه‌های اصلی مطالعاتی در خصوص تشخیص گسل بر مبنای تحلیل متعامد لرزه سطحی صورت گرفت (Wu and Fomel, 2018).

در این تحقیق روش تحلیل مولفه‌های اصلی برای آنالیز ساختارهای زمین‌شناسی زیرسطحی در افق‌های بازتابی لرزه‌ای مانند گسل‌هایی با اثر

جابجایی کم استفاده می‌شود. در این روش افق‌های لرزه‌ای به مولفه‌های متعامد، مقادیر ویژه و بردارهای ویژه، بسط داده می‌شوند. در این روش ابتدا مقطع مناسبی از داده‌های لرزه‌ای پس از پردازش تهیه شده و در ادامه نشانگرهای انتخاب شده با رویکرد شناسایی بهتر گسل بر روی داده لرزه‌ای اعمال می‌شوند. نشانگرهای لرزه‌ای مورد استفاده در بررسی گسل‌ها به گونه‌ای انتخاب و پیاده می‌شوند؛ که بتوانند شکستگی‌ها را در مقطع به خوبی نشان دهند. در این میان به نشانگرهایی مانند همدوسی، مشتق اول دامنه لحظه‌ای، مشتق دوم دامنه لحظه‌ای، انحنا، آزموت، نشانگرهای فرکانس و لحظه‌ای می‌توان اشاره کرد. در ادامه با اعمال روش آنالیز مولفه‌های اصلی بر روی نشانگرهای لرزه‌ای، تصاویر حاصل جزئیات بیشتری از ساختارهای زیرسطحی را نشان می‌دهد.

۲- روش کار

با استفاده از نشانگرهای استخراجی از داده‌های لرزه‌ای، ویژگی‌های ذاتی ردلرزه‌ای از دید کمی و کیفی تجزیه و تحلیل می‌شوند. دامنه داده‌های لرزه‌ای عامل اصلی برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی همچون مقاومت صوتی، ضرایب بازتاب، سرعت و جذب است، در حالی که مؤلفه فاز داده‌های لرزه‌ای نقش مهمی در تعیین شکل و موقعیت هندسی ساختمان‌های زمین‌شناسی ایفا می‌کند. جدول ۱ نشانگرهایی را نشان می‌دهد که در شناسایی گسل‌ها و شکستگی‌ها استفاده می‌شوند. ممکن است بتوان با اعمال چندین نشانگر بر روی یک داده و ترکیب اطلاعات آنها، به نتایج بهتری در تفسیر دست پیدا کرد. روش‌های مختلفی برای ترکیب اطلاعات وجود دارد از جمله روش‌های هوشمند، شبکه عصبی، منطق فازی، بررسی زمین‌آماري، طبقه‌بندی بدون نظارت و با نظارت و تحلیل مولفه‌های اصلی (میرکمالی و همکاران، ۱۳۹۴).

تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی روش مفید آماری است که بسیاری از برنامه‌ها از جمله فشرده‌سازی تصویر و به شناختن الگو در داده‌های با ابعاد بالا را انجام می‌دهد.

جدول ۱: برخی از نشانگرهای پرکاربرد لرزه‌ای و هدف از کاربرد آنها در تفسیرهای

زمین‌شناسی

نشانگرها	کاربرد
آشفستگی	تشخیص گنبد نمکی، کانال رودخانه‌ها و گلفشان (Kirkham et al., 2017)
مشتق اول	تشخیص ناپیوستگی، مرز زمین‌شناسی گسل‌ها (Fowler et al., 2000)
مشتق دوم	تشخیص ناپیوستگی، مرز زمین‌شناسی گسل‌ها (Somoza et al., 2012)
واریانس	تشخیص گنبد نمکی، کانال رودخانه‌ها و گلفشان، شکستگی و گسل‌ها (Kumar and Sain, 2018)
انحنای کمینه	تشخیص ناپیوستگی، مرز زمین‌شناسی گسل‌ها (Moss et al., 2012)
انحنای بیشینه	تشخیص ناپیوستگی، مرز زمین‌شناسی گسل‌ها (Chen et al., 2014)

انحنای خیلی بیشنه	تشخیص گنبد نمکی، کانال رودخانه‌ها و گلفشان، شکستگی و گسل‌ها (Lykousis et al., 2009)
انحنای خیلی کمینه	تشخیص گنبد نمکی، کانال رودخانه‌ها و گلفشان و گسل‌ها (Farfour et al., 2015)

معمول پردازش تصاویر در اختیار قرار می‌دهد. سیستم‌های رنگی محلی به منظور تعریف چگونگی نمایش تصاویر چند نشانگری و آنالیز دقیق تر داده‌های تصویری استفاده می‌شود. نمایش همزمان سه نشانگر در محیط قرمز، آبی و سبز (RGB) یا در فیلتر ترکیبی شدت رنگ و سیرشدگی سبب بارز شدن بسیاری از پدیده‌ها با رنگی ویژه خواهد شد.

از آنجا که روش هیستوگرام رنگ از پیچیدگی کم و کارایی بالا برخوردار بوده، از این روش در آنالیز تصویر رنگی استفاده می‌شود. روش عمومی برای بدست آوردن هیستوگرام‌های رنگی در فضای رنگی RGB تقسیم فضا به تعدادی محدوده و محاسبه توزیع رنگ‌ها در این محدوده‌ها است. در فضای رنگی RGB، یک رنگ با ترکیبی از سه جزء اصلی آن نمایش داده می‌شود. به منظور استفاده مطلوب از داده‌های چند بانندی، لازم است تا بهترین ترکیب بانندی، مشخص شود. انتخاب بهترین ترکیب بانندی به کمک روش رقومی از پارامتری به نام فاکتور شاخص مطلوب انجام می‌گیرد (Ranjbar et al., 2003). تعداد نشانگر ترکیب چند نشانگر لرزه-ای موجود در فیلتر RGB را می‌توان از رابطه (۱) محاسبه کرد. سپس بر اساس مقدار شاخص OIF (فاکتور شاخص مطلوب) مناسب‌ترین تصویر رنگی انتخاب می‌شود (Ranjbar et al., 2003).

$$n = \left[\frac{N!}{3!(N-3)!} \right] \quad (1)$$

که در آن n تعداد ترکیب سه‌تایی نشانگرها و N تعداد نشانگرهای مورد استفاده است. مقدار OIF براساس واریانس و همبستگی بین باندهای مختلف مطابق رابطه (۲) قابل محاسبه است (Ranjbar et al., 2003).

$$OIF = \frac{\sum_{j=1}^3 SD_i}{\sum_{j=1}^3 |SD_i|} \quad (2)$$

که در آن $\sum_{j=1}^3 SD_i$ مجموع انحراف معیارهای سه نشانگر مورد استفاده در فیلتر RGB است.

ترکیب سه نشانگری را که بالاترین شاخص بهینه را داشته باشد، می‌توان برای ایجاد بهترین ترکیب تصویری انتخاب کرد.

در استفاده از نشانگرهای مختلف به منظور اهداف تفسیری متفاوت در شرایطی تنها به اطلاعات خاصی از برخی از نشانگرها احتیاج است. روش آنالیز مولفه‌های اصلی انتخابی به همین منظور استفاده می‌شود. بدین ترتیب در حین کاهش ابعاد داده‌های ورودی، امکان از دست رفتن اطلاعات مفید به حداقل می‌رسد. اطلاعات نشانگرهای مختلف غالباً همبستگی دارند. وجود همبستگی بین نشانگرها حکایت از وجود اطلاعات مشترک و یا به عبارت دیگر تکرار اطلاعات است. وجود اطلاعات مشترک در نشانگرها به صورت همبستگی بین آنها آشکار می‌شود. در واقع، اگر تعداد نشانگرهای ورودی کاهش یابد، احتمال تعیین یک مولفه اصلی مشخص برای نشانگر خاص افزایش پیدا می‌کند. در روش آنالیز مولفه‌های اصلی انتخابی معمولاً

این روش پس از نرمال‌سازی مقاطع تک بسامد ازداده‌های اولیه، ماتریس کوواریانس آنها را تولید می‌کند. سپس با تصویر داده‌ها روی بردارهای ویژه که دو به دو متعامد هستند، آنها را در فضای برداری جدیدی بررسی می‌کند. بردارهای ویژه پایه‌های این فضا را تشکیل می‌دهند و واریانس داده‌ها در راستای این بردارها بیشینه خواهند بود. واریانس داده‌ها در جهات مختلف در این سیستم مختصات جدید محاسبه می‌شود. سپس اولین محور دستگاه مختصات جدید، در جهت بزرگترین واریانس، دومین محور در جهت بزرگترین واریانس بعدی و آخرین محور در جهت کوچکترین واریانس قرار می‌گیرند. به این ترتیب ابعاد مجموعه داده‌ها می‌تواند کاهش یابد. چراکه محورهای جدید، با اختصاص ضرایب بزرگتر به مولفه‌های موثرتر، نقش آنها را در ترکیب خطی خود پررنگتر کرده و با قرار دادن ضرایب کوچکتر برای مولفه‌های کم اهمیت‌تر، در عمل آنها را حذف می‌کنند. بنابراین می‌توان نوفه‌های تصادفی را با حذف مولفه‌های اصلی آخر تضعیف کرد و با بازسازی مقطع ورودی با استفاده از چند مولفه اصلی اول، نسبت سیگنال به نوفه را در مقطع لرزه‌ای اولیه بهبود داد. همچنین می‌توان هر روند ناخواسته زمین‌شناسی با دامنه زیاد را با حذف مولفه اصلی مربوط به آن، تضعیف کرد و با بازسازی تصویر با استفاده از چند مولفه اصلی اول تصاویر با قدرت تفکیک بالاتر از تصویر اولیه بدست آورد. بنابراین روش تحلیل مولفه‌های اصلی، به کمک ترکیبی مناسب از نشانگرهای اولیه، نشانگر جدیدی را تولید می‌کند؛ که می‌تواند در شناسایی گسل‌ها مفید باشد.

بردار ویژه با بالاترین مقدار ویژه اولین مولفه اصلی مجموعه داده است. اولین مولفه اصلی نشان‌دهنده بردار با حداکثر واریانس در داده‌هاست و نیز نشان دهنده بخش عمده‌ای از اطلاعات که معمولاً می‌تواند در نشانگرها استفاده شود. بردار ویژه با دومین مقدار ویژه، به نام مولفه اصلی دوم اساسی نامیده می‌شود، واریانس پایین تر را نشان می‌دهد و به مولفه‌ای اصلی اول متعامد است. به طور مشابه، سومین مولفه اصلی در یک صفحه عمود به صفحه دو مولفه قبلی است. از آنجا که نشانگرهای لرزه‌ای با زمین‌شناسی زیر سطحی و شرایط مویج بستگی دارند، اولین، دومین و سومین مولفه اصلی به طور معمول گستردگی تنوع داده‌ها را نشان می‌دهد. همه نشانگرهای مورد بررسی یک خصوصیت مشترک در محل گسل دارند؛ که مقدار بالاتری را نشان می‌دهد.

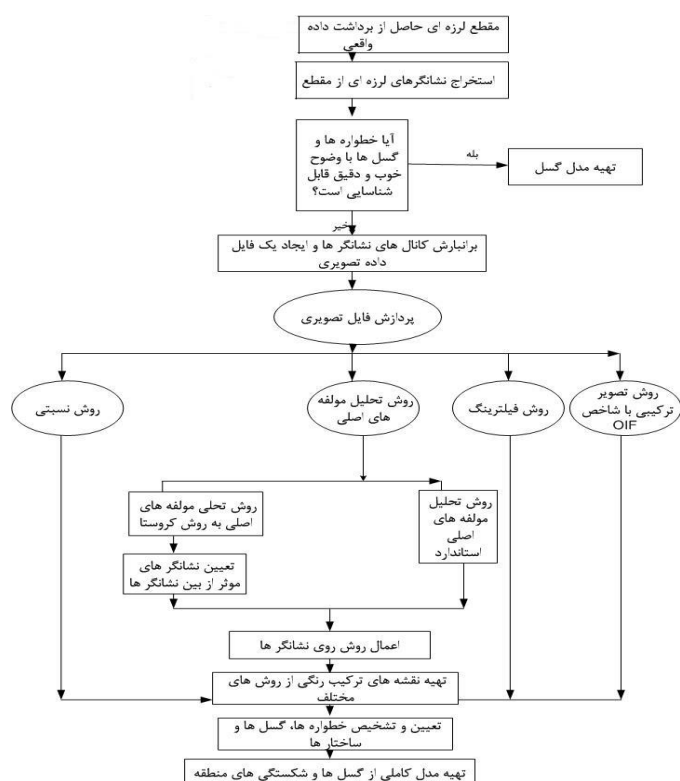
مطالعات نشان داده که معمولاً اولین مولفه اصلی حدود ۸۰ درصد واریانس سطح بررسی را شامل می‌شود. در داده‌هایی که نوفه موجود در داده با گسل یا ساختارهای جانبی دیگر همبستگی نداشته باشد، مولفه‌های اصلی مستقل پابرجا خواهند بود (Prietzhev and Scollard, 2012). تهیه تصاویر رنگی، اطلاعات دیگری در آنالیز تصاویر در سیستم‌های

سلطانی و همکاران، افزایش دقت در تفسیر گسلها در مقطع لرزه‌ای با کمک تحلیل مولفه‌های اصلی در نشانگرها برای تعیین شکستگیها در دشت گرگان، صفحات ۲۵-۳۶.

در این مقطع لرزه‌ای به نسبت خوب، اما پیوستگی بازتابنده‌ها در قسمت‌های نزدیک گلفشان مدفون، به دلیل تغییرات زمین‌ساختی شدید و پیچیده آن تا حدودی ضعیف می‌باشند (Soleimani et al. 2018). انرژی لرزه‌ای و شکستگی‌ها در قسمت‌های نزدیک گلفشان مدفون بسیار کمتر از سایر بخش‌های مقطع است؛ به این علت که در این نواحی جذب و همچنین پاشش انرژی لرزه‌ای بیشتر رخ می‌دهد.

جدول ۲: پارامترهای هندسی برداشت مربوط به داده واقعی (باغزدانی)،
(۱۳۹۳)

هندسه چشمه و گیرنده		هندسه نقطه میانی و دورافت	
تعداد چشمه‌ها	۴۶۵	تعداد نقاط CMP	۱۹۵۲
فاصله چشمه‌ها	۷۰ متر	چینش CMP	۲۴
تعداد گیرنده‌ها	۹۹۷	فاصله بین CMP	۱۷/۵ متر
فاصله گیرنده‌ها	۳۵ متر	بازه دورافت	۱۴-۳۴۵۸ متر
پارامترهای ثبت		محتوای فرکانس	
زمان ثبت	۷ ثانیه	فرکانس	۸ تا ۱۰۰
فاصله نمونه برداری	۴ میلی ثانیه	فرکانس غالب	۲۰ هرتز



شکل ۱: استراتژی پیشنهادی در تجزیه و تحلیل داده‌های لرزه‌ای در شناسایی شکستگی‌ها

از ماتریس همبستگی برای انتخاب باندهای با تمایز بالا، برای کاهش ابعاد داده به کار برده می‌شوند. بنابراین هدف از تحلیل مولفه‌های اصلی انتخابی یا روش کروستا، تعیین تعداد نشانگرهای مناسب با بیشترین اطلاعات است. روش کروستا تکنیکی بر مبنای تغییرات مختلف نشانگرهاست (Crosta and Fliho, 2003).

۳- تعیین گسل ها با استفاده از روش تحلیل مولفه های اصلی

در این تحقیق ابتدا نشانگرهای لرزه‌ای مناسب برای تعیین شکستگی‌ها بر روی مقطع حاصل از داده‌های لرزه‌ای بعد از پردازش اعمال می‌گردد. دو روش آنالیز مولفه‌های اصلی شامل روش آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد و روش کروس‌تا، بر روی این مقاطع صورت می‌گیرد. در هر کدام از این روش‌ها دسته‌ای از گسل‌ها قابل شناسایی است و در نهایت مدل کاملی از گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه بدست می‌آید. شکل ۱ نمایی از استراتژی پیشنهادی در این تحقیق را نمایش می‌دهد.

١-٣- منطقه مورد مطالعه

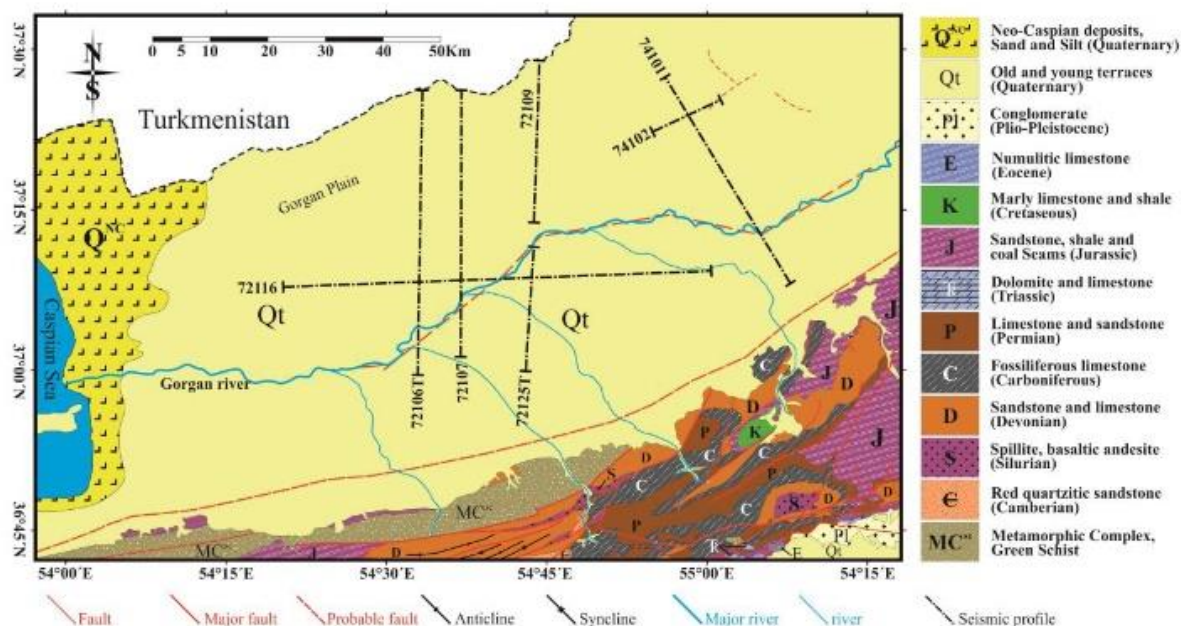
محدوده‌ی مورد مطالعه (شکل ۲) بخشی از استان گلستان از حوالی گرگان در غرب تا آق قلا در شرق و از دشت‌های جنوبی تا مرز ایران با ترکمنستان را در برمی‌گیرد (Radfar et al. 2018). از نظر تقسیم‌بندی زمین‌شناسی، منطقه مورد مطالعه بخشی از حوضه خزر جنوبی است که با ضخامت نزدیک ۲۰ کیلومتر از رسوبات پوشیده شده است. منطقه از نظر تکتونیکی فعال بوده (Jackson et al., 2002) و تعداد ۹ سکانس رسوبگذاری با مطالعه مقاطع لرزه‌ای در این حوضه تشخیص داده شده است (Kalani et al. 2008).

در این محدوده اکتشافی تعدادی خط لرزه‌ای برداشت و داده‌های آنها پردازش و تفسیر گردید؛ که در این تحقیق تنها از یک خط برداشت استفاده شده است. در جدول ۲ مشخصات هندسه برداشت این خط ارائه شده است.

۲-۳- پردازش داده‌ها به روش تحلیل مولفه‌های اصلی

در این مطالعه برای افزایش کیفیت مقطع در تفسیر شکستگی‌ها با دقت بالاتر، ابتدا بر روی مقطع لرزه‌ای پردازش‌های معمول صورت گرفته و آماده تفسیر می‌شود. سپس نشانگرهای لرزه‌ای استخراج شده و به کمک روش تحلیل مولفه‌های تفسیر می‌شوند. با توجه به هدف مطالعه، نشانگرهایی انتخاب شدند که کارایی خود را در تشخیص شکستگی‌ها و گسل‌ها نشان داده‌اند.

بررسی مقطع لرزه‌ای و نتایج نشانگرهای منفرد نشان دهنده این است که احتمال وجود گلفشان مدفون در قسمت پایین مقطع لرزه ای زیر ناپیوستگی وجود دارد (Soleimani, 2016). به طور کلی کیفیت داده‌ها



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه و موقعیت داده‌های لرزه‌ای در منطقه مورد مطالعه در دشت گرگان (Radfar et al., 2018).

بهترین ترکیب تصویری را راحت‌تر کرده و محاسبات آماری هر سه نشانگر در یک ترکیب تصویر رنگی مجازی در فیلتر RGB را نشان می‌دهد. شکل ۴ ترکیبی از نشانگرهای واریانس، انحنای خیلی بیشینه و مشتق دوم را نشان می‌دهد که مقدار OIF آن ۴۵/۴۶ است و بهترین ترکیب باندی را ساخته است. این تصویر خط گسل‌ها را بهتر تشخیص داده است. روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی استاندارد، به منظور بارزسازی گسل‌ها بر روی هشت کانال یا باند (که همان هشت نشانگر انتخابی هستند) اعمال شده است. در این روش پس از نرمال‌سازی مقاطع تک بسامد درحکم داده‌های اولیه، ماتریس کوواریانس آنها تولید گردید. روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی استاندارد، به منظور بارزسازی گسل‌ها بر روی هشت کانال یا باند (نشانگر آشفتگی، نشانگر مشتق اول، نشانگر مشتق دوم، نشانگر واریانس، نشانگر انحنای بیشینه، نشانگر انحنای کمینه، نشانگر انحنای خیلی بیشینه و نشانگر انحنای خیلی کمینه) اعمال شده است. در این روش پس از نرمال‌سازی مقاطع تک بسامد در حکم داده‌های اولیه، ماتریس کوواریانس آنها تولید گردید. جدول ۳ نتایج حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی نشانگرهای لرزه‌ای را نشان می‌دهد. همچنین درصد واریانس هر کدام از این مؤلفه‌های اصلی نسبت به کل نیز دیده می‌شود. چهار مؤلفه اصلی اول بیشترین درصد واریانس که حدوداً ۹۶ درصد از کل را تشکیل می‌دهند، دارند. بنابراین می‌توان با حذف مؤلفه‌های آخر نوفه‌های تصادفی را کاهش داد و نسبت سیگنال به نوفه را افزایش داد با این کار تصاویر با قدرت کیفیت بالاتر برای تفسیر و تشخیص گسل‌ها داشت. نقشه مؤلفه اصلی اول با استفاده از رابطه ۳ تهیه شده است. روابط ۴ تا ۶ نیز به ترتیب مؤلفه‌های اصلی دوم، سوم و چهارم هستند. شکل ۵ نقشه تحلیل مؤلفه اصلی اول است؛ که بیشترین مقدار واریانس و نشانگر انحنای اصلی ضریب بالاتری دارد و

شکل (۳الف) مقطع لرزه‌ای پس از مرحله پردازش‌های معمول داده‌های لرزه‌ای را نشان می‌دهد و شکل (۳ب) نتیجه اعمال نشانگر آشفتگی بر روی مقطع لرزه‌ای است و همان‌طور که آشکار است، قدرت تفکیک شکستگی‌ها در مقطع پایین است. می‌توان نتیجه گرفت با اعمال این نشانگر، مرز گلفشان مدفون دقیق مشخص نشده و همچنین تشخیص گسل‌ها از دقت بالایی برخوردار نیستند. در شکل (۳ج) نشانگر مشتق اول و شکل (۳د) نشانگر مشتق دوم استخراج شده از مقطع لرزه‌ای دیده می‌شود. بدیهی است این نشانگرها ترکیبی از دامنه اصلی هستند؛ که اجازه تفسیر در رابطه با عوارض زمین‌شناسی را می‌دهد. همچنین تداوم رخدادها در مناطقی که بازتاب در دامنه ضعیف است را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، با دقت و وضوح بالایی نمی‌توان گسل‌ها و خطواره‌ها را تشخیص داد؛ بنابراین از ترکیب این نشانگرها استفاده می‌شود.

باندهای انتخابی و رده بندی با شاخص آماری OIF تصاویری برای بارزسازی هرچه دقیق‌تر مناطق دارای گسل و شکستگی در اختیار قرار می‌دهد. هدف استفاده از فاکتور شاخص مطلوب OIF برای رتبه بندی همه ترکیب‌های رنگی باندها (نشانگرها) است.

OIF یکی از شاخص‌هایی است که به منظور تعیین بهترین ترکیب باندی برای دستیابی به حداکثر تباین در آنالیز ساخت تصاویر رنگی مجازی استفاده می‌شود. روش OIF برای باندهای مختلف (هشت نشانگر واریانس، آشفتگی، مشتق اول، مشتق دوم، انحنای کمینه، انحنای بیشینه، انحنای خیلی کمینه و انحنای خیلی بیشینه) استفاده شد. نتیجه این ترکیب، ۵۶ حالت مختلف از ترکیب‌های سه تایی از هشت باند را ایجاد می‌کند. بالاترین مقدار OIF ۴۸/۴۷ مربوط به ترکیب تصویری نشانگرهای مشتق دوم، واریانس، انحنای خیلی کمینه است. ارزیابی کمی بین نشانگرها، انتخاب

سلطانی و همکاران، افزایش دقت در تفسیر گسلها در مقطع لرزه‌ای با کمک تحلیل مولفه‌های اصلی در نشانگرها برای تعیین شکستگیها در دشت گرگان، صفحات ۲۵-۳۶.

$$PC3 = 0.173627(chaos) - 0.12866(D1) + 0.2656(D2)$$

$$+ 12816(Var) + 0.000430(k \max)$$

$$- 0.000823(K \min) + 0.3859(kmost \max)$$

$$+ 0.84699(kmost \min)$$

$$PC4 = 0.12964(chaos) - 0.2428(D1) + 0.06075(D2)$$

$$+ 0.01927(Var) - 0.000087(k \max)$$

$$- 0.000394(K \min) + 0.8626(kmost \max)$$

$$+ 0.4194(kmost \min)$$

(۵)

(۶)

نقش مهم‌تری ایفا می‌کند. همان‌طور که در شکل مزبور مشخص است، بالا آمدگی گلفشان مدفون باعث ایجاد بهم ریختگی در بازتابنده‌ها شده است.

$$PC1 = 0.00015(chaos) + 0.000504(D1) - 0.000120(D2)$$

$$+ 0.000596(Var) + 0.707903(k \max)$$

$$+ 0.706309(K \min) - 0.000760(kmost \max)$$

$$- 0.000747(kmost \min)$$

$$PC2 = 0.00045(chaos) + 0.000567(D1) + 0.000389(D2)$$

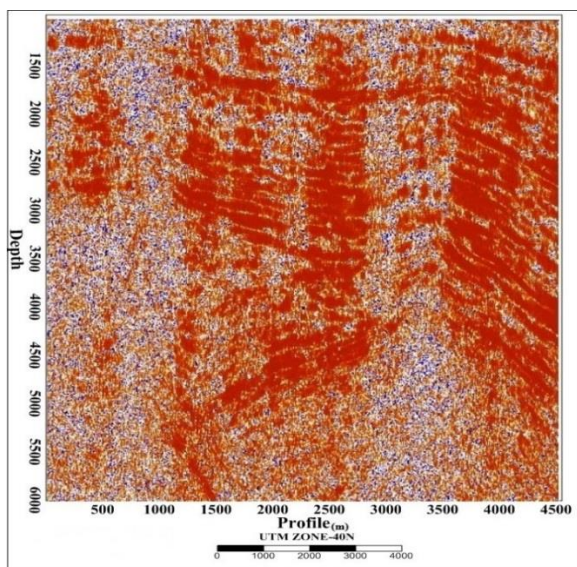
$$+ 0.000296(Var) + 0.706309(k \max)$$

$$+ 0.707903(K \min) - 0.000208(kmost \max)$$

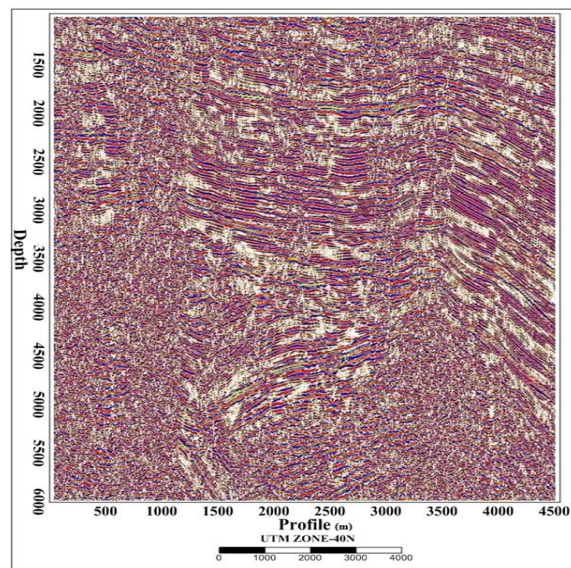
$$+ 0.000027(kmost \min)$$

(۳)

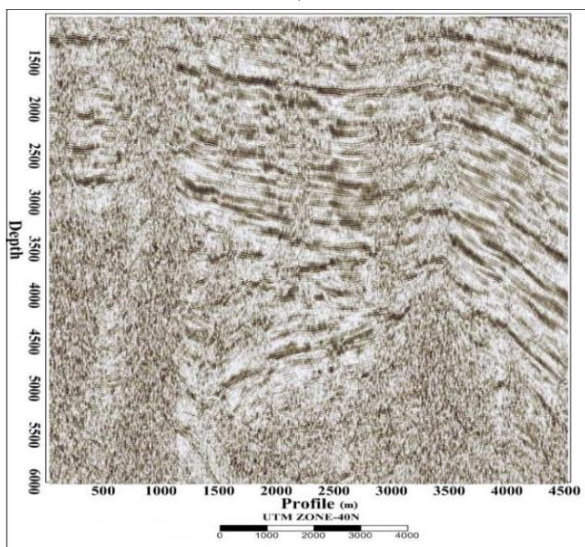
(۴)



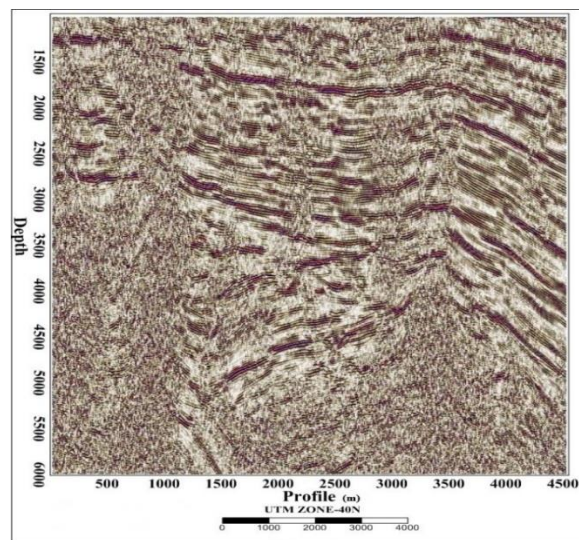
ب



الف

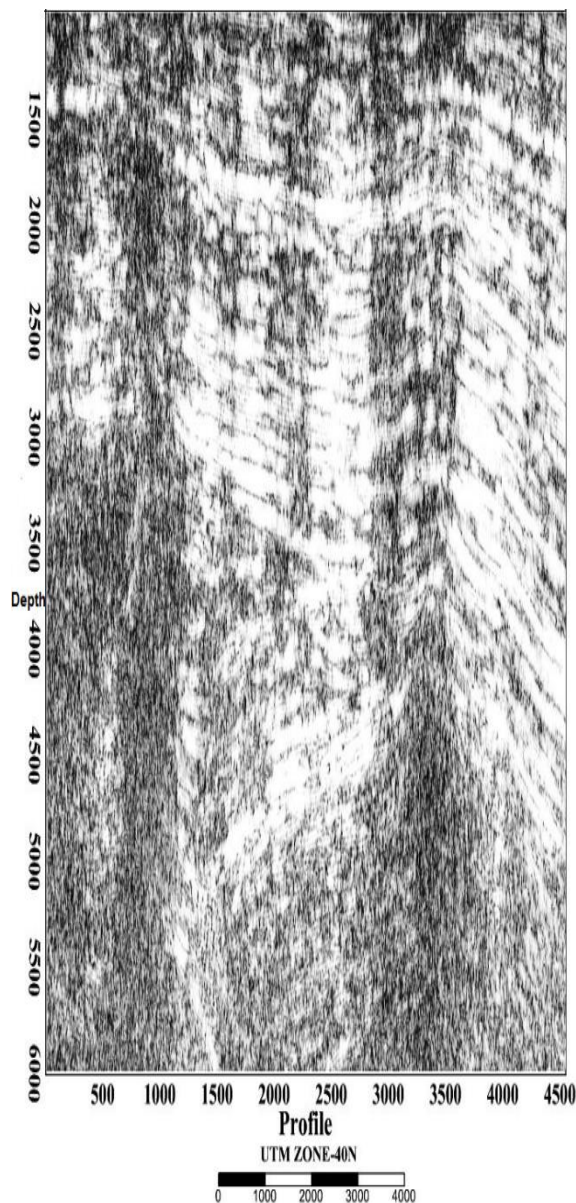


د

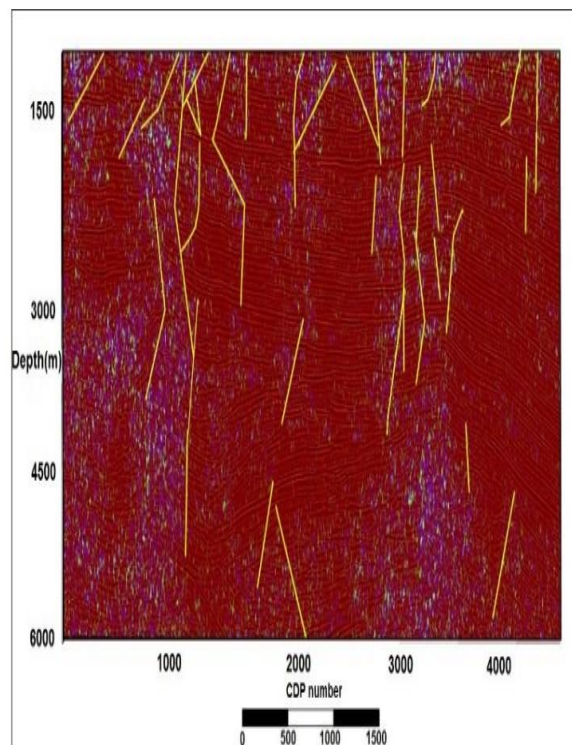


ج

شکل ۳: الف) مقطع لرزه‌ای پس از مرحله پردازش‌های معمول داده‌های لرزه‌ای، ب) تصویر حاصل از اعمال نشانگر آشفتگی روی مقطع لرزه‌ای، ج) تصویر حاصل از اعمال نشانگر مشتق اول روی مقطع لرزه‌ای و د) تصویر حاصل از اعمال نشانگر مشتق دوم روی مقطع لرزه‌ای



شکل ۵: نقشه مولفه اصلی اول که مقدار واریانس و نشانگر انحنای در این مولفه اصلی اول ضرایب بالاتری دارند و نقش مهم‌تری ایفا می‌کنند

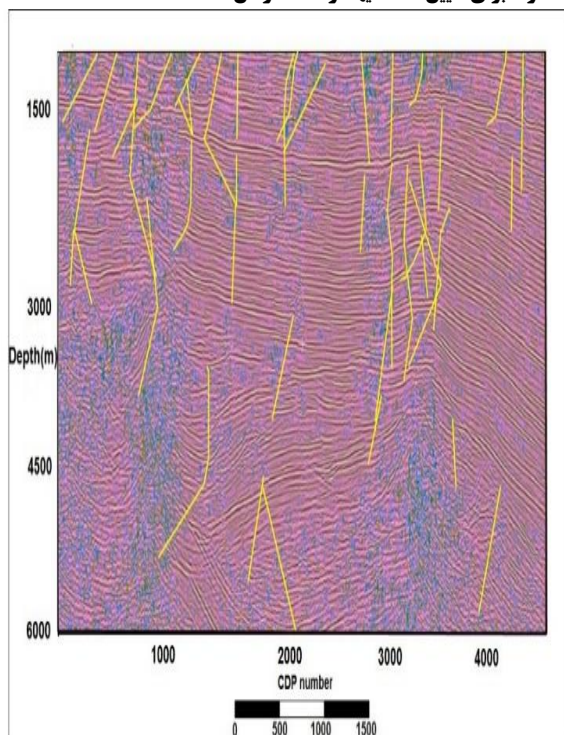


شکل ۴: تصویر ترکیبی مجازی حاصل از سه نشانگر واریانس، انحنای خیلی بیشینه و مشتق دوم در محیط RGB

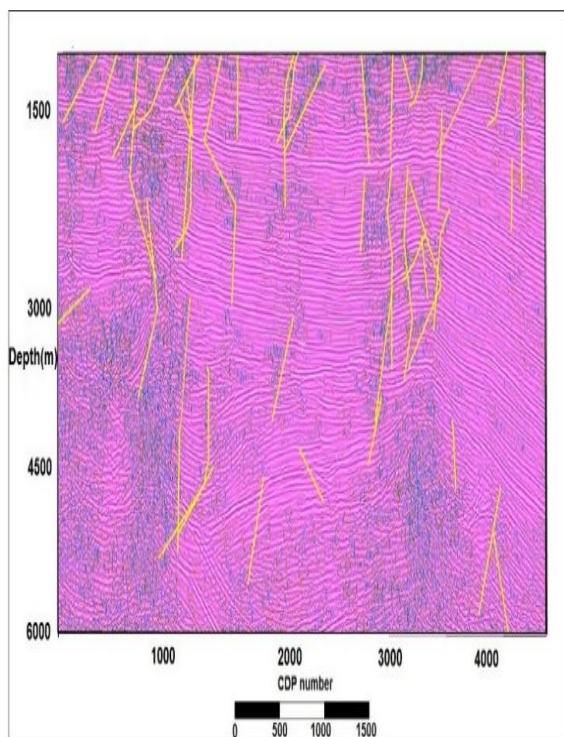
روش تحلیل مولفه‌های اصلی را می‌توان در سیستم ترکیب رنگی RGB به نمایش در آورد. به این صورت که با انتخاب مولفه‌های مختلف مانند مولفه اصلی اول، دوم، سوم و چهارم به علت تغییرات نسبتاً کم بردارهای ویژه آنها تصاویر ترکیبی رنگی مولفه‌های اصلی را تهیه کرد و بدون از دست دادن اطلاعات زیادی بیش از ۹۶ درصد واریانس موجود در داده‌های تجزیه طیفی را بدون وابستگی به انتخاب بسامد خاصی به نمایش درآورد. سپس با توجه به محاسبه OIF بین چهار مولفه اصلی اول که مقدار واریانس بیشتری دارند؛ می‌توان انتخاب کرد کدام مولفه اصلی در ترکیب رنگی مجازی RGB شرکت کنند، تا تصاویر بهتری بدست آید.

جدول ۳: نتایج آنالیز مؤلفه‌های اصلی نشانگرهای لرزه‌ای

متغیر مولفه	نشانگر آشفته‌گی	مشتق اول	مشتق دوم	واریانس	انحنای بیشینه	انحنای کمینه	انحنای خیلی بیشینه	انحنای خیلی کمینه	واریانس
PC1	0	0.001	0	0.001	0.708	0.706	0.001	0.001	29.12
PC2	0	0.001	0	0	0.706	0.708	0	0	27.47
PC3	0.174	-0.129	0.266	0.128	0	-0.001	0.386	0.847	20.8
PC4	0.130	-0.243	0.061	0.019	0	0	0.863	0.419	19.058
PC5	-0.109	-0.074	0.303	0.926	0	0.001	0.077	-0.166	1.04
PC6	-0.028	-0.565	-0.720	0.243	0.001	0	-0.286	0.138	1.026
PC7	0.062	0.771	-0.561	0.244	0	0	0	0.096	0.98
PC8	0.968	-0.067	0.020	-0.088	0	0	0.021	0.225	0.5

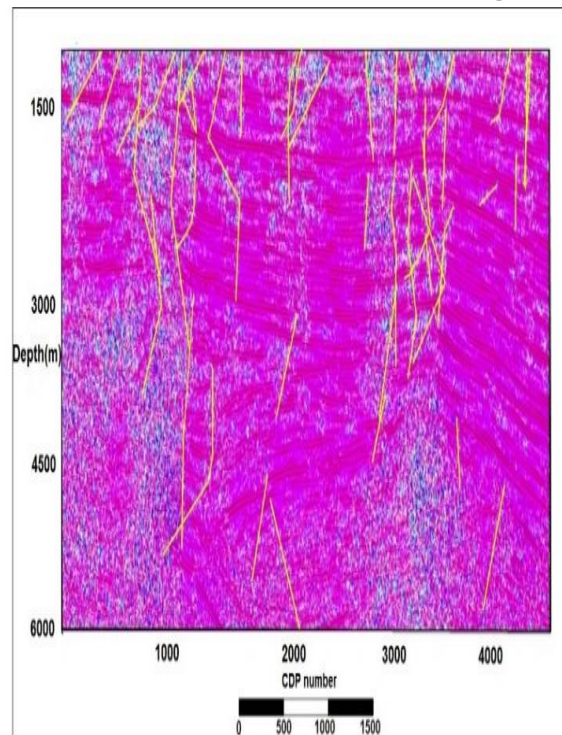


شکل ۷: تصویر ترکیبی مجازی از سه مولفه اصلی چهارم، اول و سوم در محیط RGB. $(R,G,B)=(PC4,PC1,PC3)$



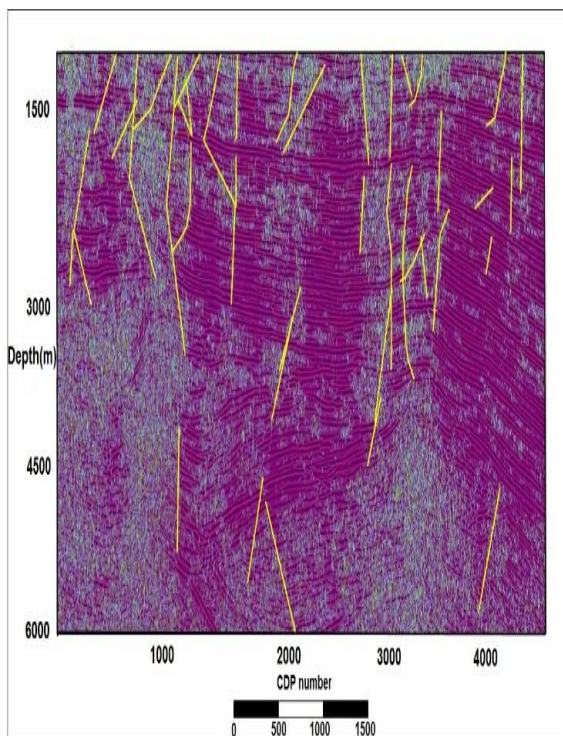
شکل ۸: تصویر ترکیبی مجازی از سه مولفه اصلی چهارم، اول و سوم در محیط RGB پس از اعمال فیلتر آشکارساز لبه‌ها $(R,G,B)=(PC4,PC1,PC3)$

ترکیب سه نشانگری را که بالاترین شاخص بهینه را دارد، می‌توان برای ایجاد بهترین ترکیب تصویری انتخاب کرد؛ چرا که بیشترین اطلاعات را در خود جای داده است. شکل ۶ تصویر ترکیبی مجازی از سه مولفه اصلی چهارم، دوم و اول را در محیط RGB نشان می‌دهد. همان‌طور که در تصویر مشخص شده است، بدنه‌ی گلفشان مدفون به خوبی نمایش داده نشده و مرز گلفشان مدفون با رخدادهای نیز تمایز کمی دارد. هر چند خطوارگی‌ها، گسل‌ها و امتداد لایه‌ها بهتر مشخص شده‌اند.

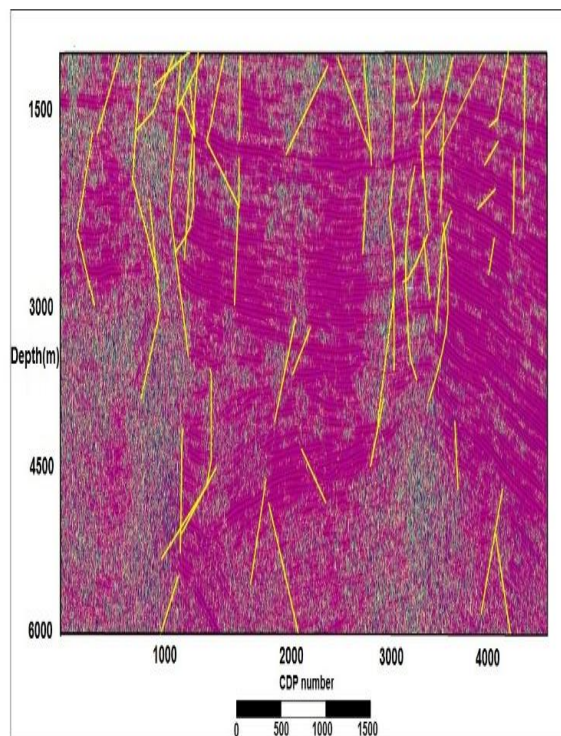


شکل ۹: تصویر ترکیبی مجازی از سه مولفه اصلی چهارم، دوم و اول در محیط RGB. $(R,G,B)=(PC4,PC2,PC1)$

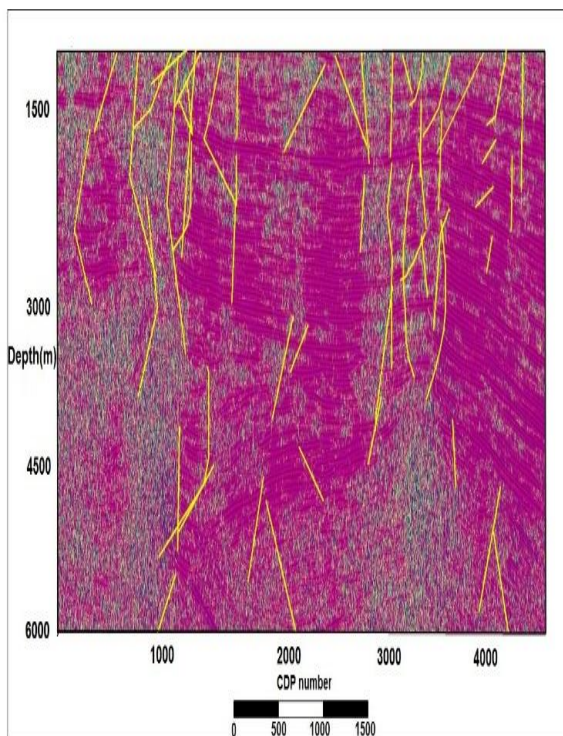
شکل ۷ تصویر سه‌گانه رنگی حاصل از ترکیب رنگی مربوط به مولفه‌های اصلی چهارم، اول و سوم حاصل از تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی به روش استاندارد را نشان می‌دهد. بدنه‌ی گلفشان مدفون در قسمت چپ مقطع به خوبی قابل تشخیص است؛ به طوری که انحنای ایجاد شده بر روی رخدادهای لرزه‌ای در اثر بالآمدگی گل در اطراف گلفشان مدفون به خوبی قابل تشخیص است. بر اساس این تصویر خطواره‌ها و شکستگی‌ها روی شکل ترسیم شده است. در ادامه از فیلتر آشکارساز لبه بر روی تصویر ترکیبی استفاده شد. نتیجه اعمال این فیلتر در شکل ۸ ارائه شده؛ که در آن، شکستگی‌ها و خطواره‌ها تا حد زیادی آشکار شده است. همچنین با استفاده از سه مولفه اول، دوم و چهارم، یک تصویر ترکیبی در محیط RGB ساخته شد (شکل ۹). مطابق شکل‌های (۸ و ۹)، تغییرات سازندها تا حد زیادی تفکیک و لایه‌بندی‌ها و شکستگی‌ها به خوبی دیده می‌شوند. با توجه به خصوصیات جذب بالای آب و عدم وجود امپدانس کافی، تفکیک بدنه گلفشان مدفون، مشکل است.



شکل ۱۰: تصویر ترکیبی مجازی از سه مولفه اصلی اول، دوم و سوم در محیط RGB با روش کروستا $(R,G,B)=(PC1,PC2,PC3)$



شکل ۹: تصویر ترکیبی مجازی از سه مولفه اصلی اول، دوم و چهارم در محیط RGB، $(R,G,B)=(PC1,PC2,PC4)$



شکل ۱۱: تصویر ترکیبی مجازی از سه مولفه اصلی اول، دوم و چهارم را در محیط RGB با روش کروستا $(R,G,B)=(PC1,PC2,PC4)$

شکل ۱۰ تصویر ترکیبی سه گانه مربوط به مولفه‌های اصلی اول، دوم و سوم را نشان می‌دهد. به طور کلی کیفیت داده‌ها در این مقطع لرزه‌ای به نسبت خوب ارزیابی می‌شود. پیوستگی بازتابنده‌ها در قسمت بالا آمدگی گلفشان مدفون نامنظم است و به دلیل زمین ساخت شدید و پیچیده تا حدودی ضعیف می‌شود. اما به دلیل انتخاب نشانگرهایی با اطلاعات بیشتر دقت مقطع در شناسایی گسل‌ها بیشتر شده است.

شکل ۱۱ تصویر سه گانه مربوط به مولفه‌های اصلی اول، دوم و چهارم را نشان می‌دهد. همان‌طور که انتظار می‌رفت، نقشه‌های حاصل از روش کروستا، دید بسیار خوب و نسبتاً کاملی از مدل گسل‌ها و شکستگی‌ها در مقطع بدست دادند. شکل ۱۲ نقشه نهایی تجمع گسل‌ها و شکستگی‌ها در داده را نشان می‌دهد. گسل‌های موجود در مقطع به خوبی تصویر شده‌اند. بنابراین می‌توان بیان کرد در این ساختار تقریباً پیچیده، روش‌های آنالیز مولفه‌های اصلی استاندارد و کروستا بسیار موفق عمل کرده و اطلاعاتی در اختیار مفسر قرار می‌دهد؛ که در روش‌های معمول قابل برداشت نیست.

دانشگاه صنعتی شاهرود.

باغزندان، ح.ر.، ۱۳۹۳، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، شناسایی گلفشان‌ها با استفاده همزمان از روش گرانی‌سنجی و لرزه‌نگاری، دانشکده مهندسی معدن نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.

بیات، ع.ا. و اصغری، ا.، ۱۳۹۱، استفاده از زمین‌آمار چند نقطه‌ای در مدل‌سازی سه بعدی شکستگی‌ها در مخازن کربناته، ماهنامه اکتشاف و تولید، شماره ۹۱، ص ۶۰.

جاوید، م.، معماریان، ح.، آقایی زاده ظروفی، ر.، تخم‌ی، ب.، خوشبخت، ف. و مظهری، م.، ۱۳۹۱، شناسایی شکستگی‌ها در نمودارهای تصویری الکتریکی با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و الگوریتم ژنتیک، پژوهش نفت، شماره ۷۲، ص ۸۵-۹۸.

جلالوند، ز.، ۱۳۹۴، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، شناسایی گسل‌ها با استفاده از نشانگر لرزه‌ای همدوسی در بازه‌های طیفی مختلف، دانشکده مهندسی معدن نفت و ژئوفیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود.

جواهری نیستانک، ع.، جواهریان، ع. و امینی، ن.، ۱۳۸۶، شناسایی گسل‌ها با استفاده از نشانگر لرزه‌ای همدوسی، مجله علوم زمین، شماره ۶۵، ص ۴۸-۹۶.

میرکمالی، ا.، رمزی، ح.ر. و بختیاری، م.ر. و رامش، ه.، ۱۳۹۴، تلفیق نشانگرهای لرزه‌ای و شبکه‌های عصبی در شناسایی سامانه‌های گسلی در منطقه تنگه هرمز، مجله علوم زمین، شماره ۹۵، دوره ۲۴، ص ۳۵۱-۳۵۸.

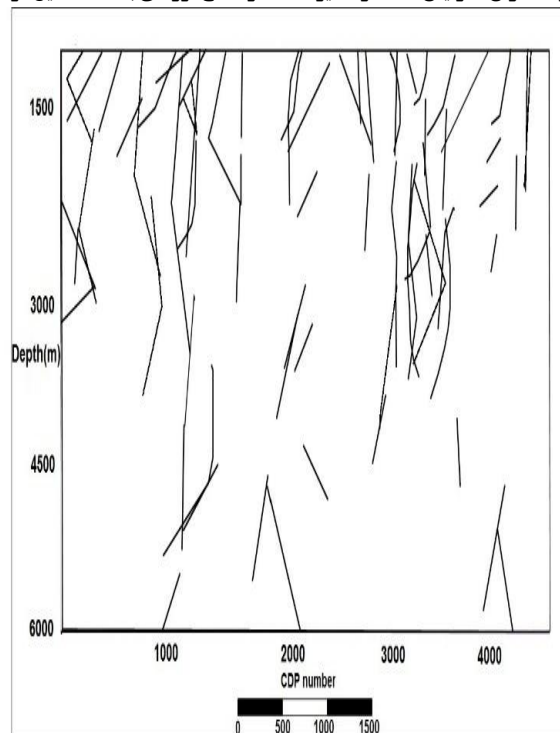
Chen, S.C., Hsu, S.H., Wang, Y., Chung, S.H., Chen, P.C., Tsai, C.H., Liu, C.S., Lin, H.S., and Lee, Y.W., 2014. Distribution and characters of the mud diapirs and mud volcanoes off southwest Taiwan. *Journal of Asian Earth Sciences*. 92, 201-214, <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2013.10.009>

Crosta A. and Fliho D.S., 2003. Trageting key alteration minerals in epithermal deposit in patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis, *International Journal of Remote sensing*, 24, 21, pp 4233-420.

Di, H., Gao, D., and Alregib, G., 2018. 3D structural-orientation vector guided autotracking for weak seismic reflections: A new tool for shale reservoir visualization and interpretation. *Interpretation*, 6(4), SN47-SN56. <https://doi.org/10.1190/INT-2018-0053.1>

Farfour, M., Yoon, W.J., and Kim, J., 2015. Seismic attributes and acoustic impedance inversion in interpretation of complex hydrocarbon reservoirs. *Journal of Applied Geophysics* 114, 68-80, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jappgeo.2015.01.008>

Farrokhnia, F. Roshandel Kahoo, A., and Soleimani, M.,



شکل ۱۲: نقشه نهایی تجمع گسل‌ها و شکستگی‌های (خطواره‌ها) در مقطع لرزه‌ای مورد مطالعه

۴- نتیجه‌گیری

در این تحقیق از ترکیب نشانگرهای لرزه‌ای در راستای شناسایی گسل‌ها و شکستگی‌ها استفاده شد. نشانگرهای مشتق اول و دوم، نشانگرهای انحنا و همدوسی بر مبنای واریانس برای تشخیص گسل‌ها و شکستگی‌ها مناسب تشخیص داده شدند. بدین ترتیب نشانگرها به روش برآیند رنگی در سیستم رنگی RGB نمایش داده شد. سپس به کمک آنالیز مولفه‌های اصلی، نشانگرهای مشتق اول و دوم و نشانگرهای انحنا و همدوسی در سیستم RGB نشان داده شد. در انتها روش کروستا نشان داد که قابلیت بالایی در تعیین نشانگرهایی با قابلیت بالای ارائه اطلاعات پس از برآیند مقاطع خواهد داشت.

تصاویر پردازش شده حاصل از روش کروستا در سیستم رنگی RGB گسل‌ها و شکستگی‌های کوچک‌تر را با دقت و وضوح بالاتری نمایش داده است. نتایج بدست آمده نشان داد که جزئیات در تصاویر حاصل از روش پیشنهادی، بیشتر از سایر روش‌هاست و در تفسیر داده‌های لرزه‌ای به خصوص در شناسایی بهتر گسل‌های کوچک‌تر کمک شایانی خواهد کرد.

۵- منابع

اعظم‌پور، ف.، ۱۳۹۳، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استفاده از نشانگر لرزه‌ای سوبل در تفسیر داده‌های لرزه‌ای بازتابی، دانشکده معدن نفت و ژئوفیزیک،

- Moss, J., Cartwright, J., Cartwright, A., and Moore, R., 2012. The spatial pattern and drainage cell characteristics of a pockmark field, Nile Deep Sea Fan. *Marine and Petroleum Geology*. 35, 321-336. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2012.02.019>
- Radfar, A., Rahimi, A., Nejati, A., Soleimani, M., and Taati, F., 2018. New insights from structural model of the Gorgan Plain by seismic reflection data applicable for petroleum prospecting (southeastern boundary of the South Caspian Basin). *International Journal of Earth Science*. Published Online, <https://doi.org/10.1007/s00531-018-1659-x>
- Ranjbar H. and Honarmand M. and Moezifar Z., 2003. Application of the Crosta technique for porphyry copper alteration mapping, using ETM⁺ data in the southern part of the Iranian volcanic sedimentary belt. *Journal of Asian Earth Sciences*, pp237-244.
- Scheevel J.R., and Payrazyan K., 1999, Principal component analysis applied to 3D seismic data for reservoirs property estimation, SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, Texas.
- Shahbazi, A. Ghosh, D., Soleimani, M. and Gerami, A., 2016. Seismic imaging of complex structures with the CO-CDS stack method. *Studia Geophysica et Geodaetica*. 60 (4), 662-678, <http://dx.doi.org/10.1007/s11200-015-0452-6>.
- Soleimani, M. Aghajani, H., and Heydari-Nejad, S., 2018. Structure of giant buried mud volcanoes in the South Caspian Basin: enhanced seismic image and field gravity data by using normalized full gradient method. *Interpretation*, 6(4), T861-T872. <https://doi.org/10.1190/INT-2018-0009.1>
- Soleimani, M. 2016, Seismic image enhancement of mud volcano bearing complex structure by the CDS method, a case study in SE of the Caspian Sea shoreline. *Russian Geology and Geophysics*, 57, 1757–1768. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2016.01.020>
- Somoza, L., Medialdea, T., León, R., Ercilla, G., Vázquez, J.T., Farran, M., Molina, J.H., González, J., Juan, C., and Puga, M.C.F., 2012. Structure of mud volcano systems and pockmarks in the region of the Ceuta Contourite Depositional System (Western Alborán Sea). *Marine Geology*, 332, 4–26, <http://dx.doi.org/10.1016/j.margeo.2012.06.002>
- Wu, X., and Fomel, S., 2018. Automatic fault interpretation with optimal surface voting. *Geophysics*, 83 (5), O67-O82. <https://doi.org/10.1190/geo2018-0115.1>
- 2018, Automatic salt dome detection in seismic data by combination of attribute analysis on CRS images and IGU map delineation. *Journal of Applied Geophysics*, 159, 395-407, <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2018.09.018>
- Fowler, S., Mildenhall, J., Zalova, S., Riley, G., Elsley, G., Desplanques, A., and Guliyev, F., 2000. Mud volcanoes and structural development on Shah Deniz. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 28, 189-206. [https://doi.org/10.1016/S0920-4105\(00\)00078-4](https://doi.org/10.1016/S0920-4105(00)00078-4)
- Jackson, J., Priestley, K., Allen, M., and Berberian, M., 2002. Active tectonics of the South Caspian Basin. *Geophysical journal international*, 148(2), 214–245. <https://doi.org/10.1046/j.1365-246X.2002.01588.x>
- Kumar, P.C., and Sain, K., 2018. Attribute amalgamation-aiding interpretation of faults from seismic data: An example from Waitara 3D prospect in Taranaki basin off New Zealand. *Journal of Applied Geophysics*. 159, 52-68. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2018.07.023>
- Kalani, M., Khodabakhsh, S. and Amirbehboudi, C., 2008, Seismic expression and inferred depositional environments of Plio-Pleistocene sedimentary sequences in the southwestern Caspian Sea. *Geo-Marine Letters*, 28(1), 31-41. <https://doi.org/10.1007/s00367-007-0087-x>
- Kirkham, C., Cartwright, J., Hermanrud, and C., Jebsen, C., 2017. The spatial, temporal and volumetric analysis of a large mud volcano province within the Eastern Mediterranean. *Marine and Petroleum Geology*, 81, 1-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2016.12.026>
- Long, Z., Alaudah, Y., Qureshi, M.A., Hu, Y., Wang, Z., Alfarraj, M., AlRegib, G., Amin, A., Deriche, M., Al-Dharab, S., and Di, H., 2018. A comparative study of texture attributes for characterizing subsurface structures in seismic volumes. *Interpretation*, 6(4) T1055-T1066. <https://doi.org/10.1190/INT-2017-0181.1>
- Lykousis, V., Alexandri, S., Woodside, J., de Lange, G., Da'hlmann, A., Perissoratis, C., Heeschen, K., Ioakim, C., Sakellariou, D., Nomikou, P., Rousakis, G., Casas, D., Ballas, D., and Ercilla, G., 2009. Mud volcanoes and gas hydrates in the Anaximander mountains (Eastern Mediterranean Sea). *Marine and Petroleum Geology*, 26, 854–872, <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2008.05.002>
- Meldahl P. and Heggland R. and Bril B. and Groot P., 2001. Identifying faults and gas chimneys using multi attributes and neural networks. *The Leading Edge*, 20, pp 474–482.



Increasing precision in the interpretation of faults from seismic sections by analyzing the principle components of the attributes for determination of fractures in Gorgan plain.

Poorandokht Soltani¹, Hamid Aghajani*¹ and Mehرداد Soleimani-Monfared¹

1. Faculty of Mining, Petroleum & Geophysics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

Received: 30 November 2018; Accepted: 1 March 2019

Corresponding author: haghajani@shahroodut.ac.ir

Keywords

Principle component analysis
RGB color combination
Crosta method
Seismic attributes
Gorgan plain

Summary

Abundant sedimentary structures and tectonic conditions in Iran have an important role in the concentration of hydrocarbon resources. There are various direct and indirect methods such as seismic methods that are used to identify these structures. Identifying smaller faults and fractures are possible only by surface geological investigations.

Several uplift of mud volcanoes and gas and hydrocarbon have been occurred in the study area in Gorgan plain, Golestan Province. Therefore, faults and complex geological conditions have been created. The detailed study of the area indicates that the places of main reservoirs have certain conditions, and also, increasing the emitted fluid causes the noise in the seismic data to be increased.

Seismic techniques can identify faults, but using attributes, we can obtain more information, but in most cases, they are unable to provide a comprehensive model of regional faults lonely. To achieve more comprehensive information from the fractures and faults in the study area, we can use methods such as principal component analysis for the seismic data analysis. Combination of attributes can also enhance the quality of seismic sections enabling us to identify the faults better.

Introduction

In this study, using principal component analysis on seismic attributes, the main component with a high percentage of variance are prepared and presented in the form of appropriate sections. These sections can demonstrate smaller fractures and faults with better resolution. Although these images and sections diagnose faults well, presentation of these images in RGB color enhances the resolution of fractures.

Methodology and Approaches

To raise quality levels of seismic sections, the attributes that have the optimal band combination of using statistical indicators are selected and by applying principal components analysis on these attributes, we obtain images that contain more information.

Results and Conclusions

The resulting images, using the methods proposed in this study, have more details, and are more accurate, than the images obtained from other methods in showing faults and fractures.