کارایی مطالعات سنجش از دور در مدل‌سازی مخازن هیدروکربوری گستره جنوب باختری ایران: مطالعه موردی از سازند آسماری

سهراب شهریاری[1*]، مهران عزیززاده[2]، سیاوش شایان[3]، ولی احمد سجادیان[4]

۱- دکتری تکتونیک، دانکشده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲- دانشجوی دکتری تکتونیک، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۳- استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

٤- استادیار پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

دریافت: ۸۵/۹/۲۰ پذیرش: ۸٦/۲/٤

چکیده

بسیاری از ذخایر هیدروکربوری شناخته شده ایران در نفتگیرهای تاقدیسی سازند آسماری متمرکز شده‌اند. تأثیر شکستگیها در آنیزوتروپی و ناهمگنی مخازن کربناته آسماری موجب شده تا این عناصر ساختاری در فرایند شبیه‌سازی جریان سیالات هیدروکربوری از اهمیت زیادی برخوردار شوند. مدل‌سازی شبکه شکستگیها در مخازن آسماری، نیازمند پارامترهای زیادی است که اغلب آنها را نمی‌توان از روی داده‌های چاهها به دست آورد. از این رو، اطلاعات حاصل از مطالعات سنجش از دور رُخنمونهای آسماری می‌تواند به عنوان مبنایی برای تعیین این پارامترها قرار گیرد.

تصاویر ماهواره‌ای یکی از مهمترین تکنیکهای زمین‌شناسی برای شناسایی و استخراج سیستمهای شکستگی محسوب می‌شوند. به منظور مطالعات سنجش از دور سیستمهای گسلش / شکستگی در

* نویسنده مسؤول مقاله: E-mail: Shahriari-2001@yahoo.com

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

برونزدهای سازند آسماری، ناحیه تاقدیس کوه آسماری در حاشیه کمربند چین- راندگی زاگرس مورد توجه قرار گرفت. در این پژوهش، از تصاویر ماهواره‌ای ETM^+ لندست، تصاویر ASTER (با توان تفکیک طیفی بالا) و تصاویر IRS-PAN (با توان تفکیک مکانی بالا) و مدل رقومی ارتفاع (با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) ناحیه تاقدیس کوه آسماری استفاده شده است. تصحیح هندسی، پردازش داده‌های رقومی، و بارِزسازی آثار شکستگی در تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار ER Mappe ٦/٤ انجام گردید. علاوه بر این، به منظور بهبود فرایند مطالعه شکستگیها، ضمن همپوشانی DEM با نقشه زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای، انواع مدلهای سه بُعدی ایجاد شد. در این مطالعات، برداشتهای متعددی بر روی آثار شکستگی صورت گرفت که نتایج آن در قالب انواع تصاویر، نقشه‌ها، مدلهای سه‌بُعدی، و نمودارهای آماری ارائه گردیده است. مطالعات آماری و آنالیزهای ساختاری در تاقدیس کوه آسماری، نشانگر سیستمهای گسلش / شکستگی متعددی است که توسط سازوکارهای مختلف و بعضاً در زمانهای متفاوت تشکیل شده‌اند. نتایج این مطالعات می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای مدل‌سازی الگوی شکستگی، و پیش‌بینی جریان سیالات هیدروکربوری در مخازن آسماری قرار گیرد.

کلید واژه‌ها: تصاویر ETM^+ لندست، تصاویر ASTER، تصاویر IRS-PAN، مدل رقومی ارتفاع (DEM)، کوه آسماری، تحلیل شکستگی، مخازن به طور طبیعی شکسته شده، مدل‌سازی مخزنی

۱- مقدمه

مخازن سازند آسماری، بزرگترین سهم تولید نفت در گستره جنوب باختری ایران (ناحیه فروافتادگی دزفول) را بر عهده دارند [۱]. اغلب منابع هیدروکربوری شناخته شده در سازند آسماری، در نفتگیرهای تاقدیسی واقع شده‌اند که تخلخل و تراوایی خود را مرهون شکستگیهایند. تأثیر شکستگیها در آنیزوتروپی و ناهمگنی جریان سیال در سازند آسماری، موجب شده تا مطالعه آنها در فرایند مدل‌سازیهای استاتیک و دینامیک مخازن هیدروکربوری از اهمیت زیادی برخوردار شود.

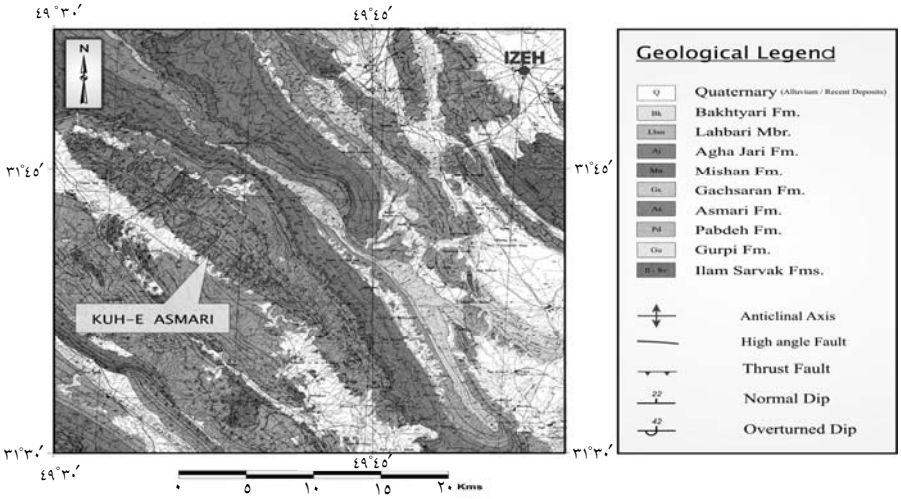
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

در مخازن آسماری، به لحاظ مسائل اقتصادی و یا فناوری، محدودیتهای زیادی در مورد داده‌های شکستگی وجود دارد. از این رو، مطالعه رخنمونهای آسماری در اطراف میادین نفتی از دیرباز به عنوان یکی از مهمترین رهیافتها برای مدل‌سازی شکستگیها مورد توجه قرار گرفته است. استفاده از داده‌های سطح‌الارضی در فرایند مدل‌سازی مخازن به طور طبیعی شکسته شده[1]، امری معمول بوده، از سراسر جهان گزارش شده‌است [۲، ۳، ٤، ٥]. به هرحال، از آنجا که برای درک الگوی توزیع سیستمهای گسلش / شکستگی در سازند آسماری، روشهای متداول برداشتهای زمین‌شناسی صحرایی ناکافی هستند، لذا استفاده از روشهای دورسنجی می‌تواند کارایی زیادی در این خصوص داشته باشد.

تصاویر ماهواره‌ای به دلیل برخورداری از دید منطقه‌ای وسیع، یکی از سودمندترین ابزارها برای مطالعات زمین‌شناسی محلی و ناحیه‌ای محسوب می‌شود. در مطالعات زمین‌شناسی ساختمانی، بهره‌گیری از روشهای دورسنجی این امکان را فراهم می‌آورد تا اَبعاد و گستردگی ساختارها، روابط ساختاری عوارض بزرگ و کوچک مقیاس، قلمروهای ساختاری همگن و متجانس، و سرانجام الگوی دگرشکلی پوسته زمین را بررسی کرد [٦، ۷]. در این تصاویر, بسیاری از سیماهای ساختاری اصلی (نظیر شکستگیهای بزرگ) که امکان مشاهده مستقیم آنها در پیمایشهای صحرایی موجود نیست، به‌خوبی قابل تشخیص است. استفاده از روشهای دورسنجی، برای شناسایی و استخراج خطواره‌ها، کارایی زیادی داشته، بسیاری از پژوهشگران، آن را برای مطالعات ساختاری، هیدرولوژی و هیدروژئولوژی، کانه‌زایی، اکتشاف ذخایر هیدروکربوری، و غیره پیشنهاد کرده‌اند [۸].

در پژوهش حاضر، به منظور مطالعات ساختاری الگوی گسلش / شکستگی در رخنمونهای سازند آسماری، محدوده تاقدیس کوه آسماری در بخش مرکزی کمربند چین- راندگی زاگرس و در ۳۲ کیلومتری جنوب خاوری شهرستان مسجدسلیمان انتخاب گردید (شکل ۱). درازای تاقدیس کوه آسماری، در حدود ۲۸ کیلومتر و پهنای آن از ۲ تا ٥ کیلومتر تغییر کرده است. این تاقدیس، در مجاورت بلافصل مخازن شکافدار آسماری موجود در گستره جنوب باختری ایران قرار گرفته است. از این رو، مطالعات سنجش از دور الگوی گسلش/ شکستگی در آن می‌تواند پاسخگوی بسیاری از مسائل مرتبط با تولید و ازدیاد برداشت از مخازن آسماری باشد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



شکل ۱ جایگاه زمین‌شناسی تاقدیس کوه آسماری در بخش مرکزی کمربند چین- راندگی زاگرس [۹].

۲- مواد و روشها

۲-۱- تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های پایه

برای مطالعات سنجش از دور تاقدیس کوه آسماری، از تصاویر ماهواره‌ای و منابع نقشه‌ای زیر استفاده شده است:

- داده‌های رقومی سنجنده ETM^+ از ماهواره Landsat ۷ به شماره‌های گذر و ردیف ۱۶۵/۳۸. این داده‌ها مربوط به سال ۲۰۰۱ میلادی‌اند.

- داده‌های رقومی سنجنده ASTER از ماهواره TERRA به شماره‌های ردیف و گذر ۳۱۶-۳۱۰۳۰۱. این داده‌ها مربوط به سال ۲۰۰۱ میلادی هستند.

- داده‌های رقومی سنجنده PAN، از ماهواره IRS-1D به شماره‌های ۶۸/۴۹c، ۶۸/۴۹a. این داده‌ها مربوط به سال ۲۰۰۱ میلادی‌اند.

- نقشه زمین‌شناسی کوه آسماری (در مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰)[۹].

- نقشه‌های توپوگرافی رقومی ناحیه تاقدیس کوه آسماری در مقیاس ۲۵،۰۰۰ : ۱، تهیه شده توسط سازمان نقشه‌برداری کشور.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۲-۲- منابع نرم‌افزاری

در پژوهش حاضر، برای پردازش و تعبیر و تفسیر داده‌های رقومی، و تهیه نقشه‌های مختلف، سه گروه نرم‌افزار اصلی زیر مورد بهره‌برداری قرار گرفته است:

- برای پردازش اطلاعات رقومی ماهواره‌ای، از نرم‌افزار ER Mapper ٦/٤ استفاده شده است.
- برای تلفیق داده‌ها و تولید نقشه آثار گسلش/ شکستگی، از نرم‌افزار Arc/View ۳/۲ a و برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار (۲۰۰٤)Rockworks استفاده شده است.
- برای رقومی کردن نقشه‌های زمین‌شناسی، از نرم‌افزار ۲۰۰٤ AutoCAD و برای انجام عملیات گرافیکی، از نرم‌افزارهای ۱۲ CorelDRAW Graphics Suite استفاده شده است.

۲-۳- روشهای مطالعه

به طور کلی، فرایند مطالعات سنجش از دور الگوی گسلش / شکستگی در گستره تاقدیس کوه آسماری، در برگیرنده مراحل متعددی به ترتیب زیر بوده است:

۲-۳-۱- تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های پایه

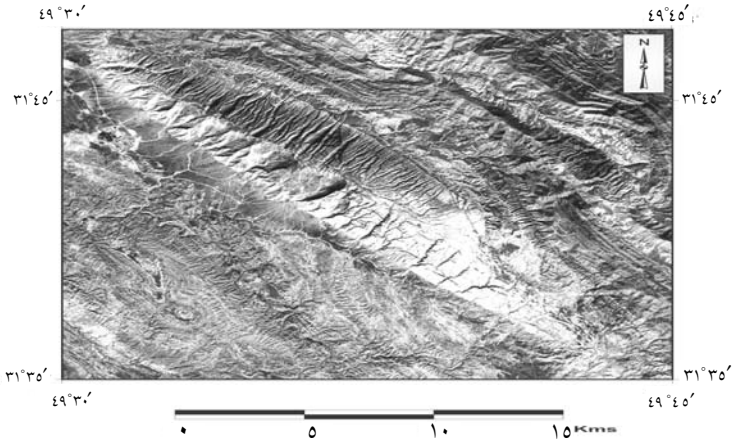
از آنجا که در طی تعبیر و تفسیر تصاویر ماهواره‌ای، ویژگیهای جهت‌گیری، فواصل، و ابعاد عناصر ساختاری، اندازه‌گیری و برداشت می‌شوند لذا لازم است نقشه‌ها و داده‌های رقومی، از نظر هندسی تصحیح شوند (شکلهای ۲ و ۳). در پژوهش حاضر، برای تصحیح هندسی نقشه‌ها و داده‌های ماهواره‌ای گستره مورد مطالعه، از روش نقاط کنترل زمینی[1] استفاده شد. در این روش، با استفاده از معادلات ریاضی چندجمله‌ای، با درجات متفاوتی که مبیّن رابطه بین مختصات تصویری (سطر و ستون) و مختصات زمینی (طول و عرض جغرافیایی یا UTM) نقاط هستند، اقدام به اصلاح هندسی تصویر می‌شود [٦، ۷]. در این پژوهش، برای تصحیح هندسی داده‌های ماهواره‌ای گستره مورد مطالعه، نقاط کنترل زمینی از روی نقشه‌های توپوگرافی ۲۵۰۰۰ : ۱ استخراج گردید.[2]

---

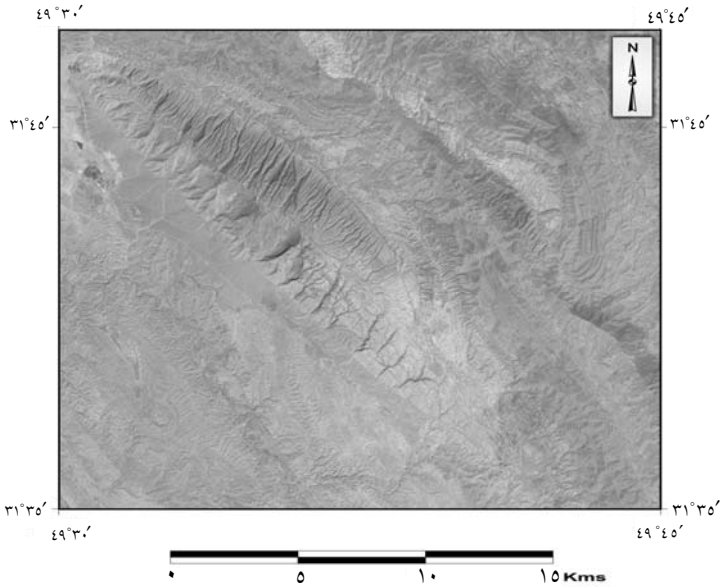
1. Ground Control Points

۲. در پژوهش حاضر، برای تصحیح‌هندسی داده‌های رقومی (۱٦٥/۳۸) +ETM،(۳۱۰۳۰۱-۳۱٦) ASTER، -IRS (٦۸/٤۹a) PAN ، و (٦۸/٤۹c) IRS-PAN ، به ترتیب تعداد ۹۰ ، ۳۰ ، ۲۰ ، و ۲۰ نقطه کنترل زمینی انتخاب گردید. شایان ذکر است که در طی فرایند تصحیح هندسی تصاویر فوق، مقدار میانگین RMS نقاط کنترل زمینی به ترتیب برابر ۰/۸٦ ، ۰/٦۱ ، ۰/۷٦ ، و ۰/٥۷ بوده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



شکل ۲ یک ترکیب رنگی کاذب از باندهای تصویر ASTER در ناحیه تاقدیس کوه آسماری. این تصویر، در نرم‌افزار ٦/٤ ER Mapper ، از نظر هندسی تصحیح شده است.



شکل ۳ تصویر IRS-PAN ناحیه تاقدیس کوه آسماری. در این شکل، یک تصویر سیاه و سفید، با توان تفکیک ٥/٦ متر، نشان داده شده است. این تصویر در نرم‌افزار ٦/٤ ER Mapper از نظر هندسی تصحیح شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۲-۳-۲- پردازش و بارِزسازی تصاویر ماهواره‌ای

بارِزسازی تصویر[۱] به معنای استفاده از تکنیکهایی است که با کمک آنها می‌توان ارزش درجات روشنایی پیکسلهای[۲] تصویر را به گونه‌ای تغییر داد که باعث افزایش مغایرت[۳] موجود در تصویر شده، مفسّر بتواند با سهولت بیشتری اطلاعات مورد نیاز خود را از تصویر استخراج کند [٦]. در واقع، کارامدی تصویر در طی فرایند تفسیر بصری، به درجه مغایرت آن بستگی دارد. در پژوهش حاضر، عمده‌ترین تکنیکهای پردازش رایانه‌ای که برای بارِزسازی آثار گسلش / شکستگی در تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده، به ترتیب زیر است:

۲-۳-۲-۱- تکنیک ترکیب داده‌ها[۴]

در این روش، داده‌های ماهواره‌ای که توان تفکیک طیفی بالایی[٥] دارند، با داده‌هایی که تنها یک باند طیفی داشته، اما از توان تفکیک مکانی بالایی[٦] برخوردارند، ترکیب می‌شوند. این تکنیک در بسیاری از مطالعات زمین‌شناسی، از جمله شناسایی آثار گسلش/ شکستگی، کارامد است [۷، ۸]. در شکل ٤، مثالی از ترکیب اطلاعات طیفی ETM لندست (باندهای ۳۰متر) با اطلاعات تصویر سیاه و سفید IRS-PAN – که واجد جزئیات مکانی بالایی است[۷] – در تاقدیس کوه آسماری ارائه شده است. در شکل ٥ نیز ترکیب باند ۸ تصویر ETM منطقه – که نسبت به سایر باندها، از توان تفکیک مکانی بهتری برخوردار است[۸] – با ۷ باند دیگر تصویر ETM منطقه – که از ویژگیهای طیفی مطلوبی برخوردارند – نشان داده شده است.

۲-۳-۲-۲- تکنیک فیلترگذاری مکانی[۹]

فیلترگذاری مکانی معمولاً برای واضح کردن جزئیات مکانی و به منظور تفسیر بهتر داده‌های ماهواره‌ای به کار می‌رود. در واقع، فیلترها با از بین بردن طیفی معین، و یا از بین بردن فراوانی

---

1. Image Enhancement
2. Picxel
3. Contrast
4. Data Fusion
5. High Spectral Resolution
6. High Spatial Resolution

۷. توان تفکیک مکانی تصویر سیاه وسفید IRS-PAN ، برابر ٥/٦ متر است.

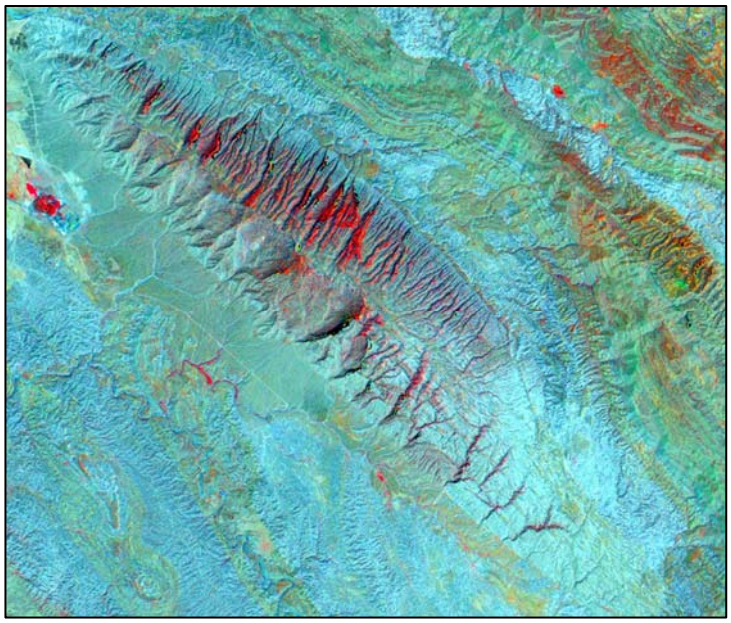
۸. توان تفکیک مکانی باند ۸ (PAN) تصویر ETM، برابر ۱٥ متر است.

9. Spatial Filtering

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

برخی پیکسلها، موجب واضح شدن عوارض در تصاویر می‌شوند. فیلترهای مکانی به سه گروه کلی تقسیم شده‌اند [۷، ۸، ۹]:

- فیلترهای پایین‌گذر[1]: از این فیلترها برای از بین بردن نوفه‌های[2] تصویر و یکدست سازی آن استفاده می‌شود.
- فیلترهای بالاگذر[3]: از این فیلترها برای افزایش مغایرت و یا برجسته کردن عوارض خطی نظیر راهها و مرزهای آبی/ خاکی، خطواره‌ها و غیره استفاده می‌شود.



شکل ۴ ترکیب تصاویر ETM و IRS-PAN در ناحیه تاقدیس کوه آسماری. این عملیات توسط نرم‌افزار ٦/٤ ER Mapper و با روش Brovey -Transform انجام شده است.

1. Low pass Filter
2. Noise
3. High pass Filter

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

شکل ۵ ترکیب باند ۸ تصویر ETM، با سایر باندهای تصویر ETM در ناحیه تاقدیس کوه آسماری. این عملیات توسط نرم‌افزار ER Mapper ٦/٤ و با روش Brovey-Transform انجام شده است.

فیلترهای تشخیص لبه[1]: این فیلترها برای شناسایی و درک لبه‌های پیرامون اجسام یا عوارض موجود در تصویر استفاده می‌شوند.

در پژوهش حاضر، پس از آزمودن فیلترهای مختلف مکانی بر روی تصاویر IRS-PAN و باند ۸ (PAN) تصویر ETM، به منظور شناسایی و استخراج دقیقتر آثار شکستگی در برونزدهای سازند آسماری، از فیلترهای بالاگذر و فیلترهای تشخیص لبه استفاده شد. در شکل ٦ یک فیلتر بالاگذر ٥*٥ بر روی تصویر IRS-PAN ناحیه تاقدیس کوه آسماری اعمال شده است. این فیلتر موجب بارِزسازی سیماهای خطی در برونزدهای سازند آسماری شده است. در شکل ۷ نیز یک فیلتر بارزسازی تشخیص لبه، بر روی باند ۸ (PAN) تصویر ETM

1. Edge Detection Filter

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

کوه آسماری اعمال شده است. این فیلتر به صورت یک ماتریس لاپلاسی ۵*۵ و مشخصات آن به ترتیب زیر است:

-۱	-۱	-۱	-۱	-۱
-۱	-۱	-۱	-۱	-۱
-۱	-۱	۲۹	-۱	-۱
-۱	-۱	-۱	-۱	-۱
-۱	-۱	-۱	-۱	-۱

۲-۳-۲-۳- تکنیک فیلتر جهتی[1]

از آنجا که در تصاویر ماهواره‌ای، خطواره‌های عمود بر راستای تابش خورشید، به طرز بهتری نمایان می‌شوند، لذا یکی از روشهای سودمند برای بارِزسازی سیمای خطی سیستمهای گسلش / شکستگی، استفاده از فیلترهای جهتی است[2] [٦، ۷، ۸]. در جدول ۱، الگوریتم انواع فیلترهای جهتی مورد استفاده برای بارِزسازی خطواره‌ها در تصاویر گستره مورد مطالعه ارائه شده است. به همین ترتیب، در شکل ۸، مثالهایی از بارِزسازی آثار گسلش / شکستگی در ناحیه تاقدیس کوه آسماری، در اثر اعمال فیلتر جهتی بر روی تصویر IRS-PAN نشان داده شده است.

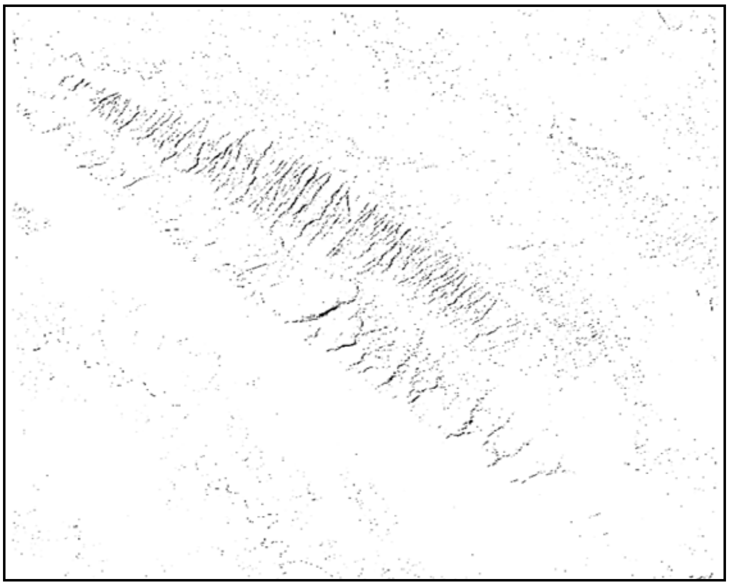
جدول ۱ الگوریتم انواع فیلترهای جهتی برای بارِزسازی فرایندهای مختلف خطواره‌ها در گستره مورد مطالعه

NE-SW			NW-SE			E-W			N-S		
۰	-۱	-۱	-۱	-۱	۰	-۱	۰	۱	-۱	-۱	-۱
۱	۰	-۱	-۱	۰	۱	-۱	۰	۱	۰	۰	۰
۱	۱	۰	۰	۱	۱	-۱	۰	۱	۱	۱	۱

1. Directional Filter

۲. شایان ذکر است که در ER Mapper، فیلتر جهتی، تحت‌عنوان فیلتر زاویه‌خورشید (Sun angle Filter) نامیده شده است.

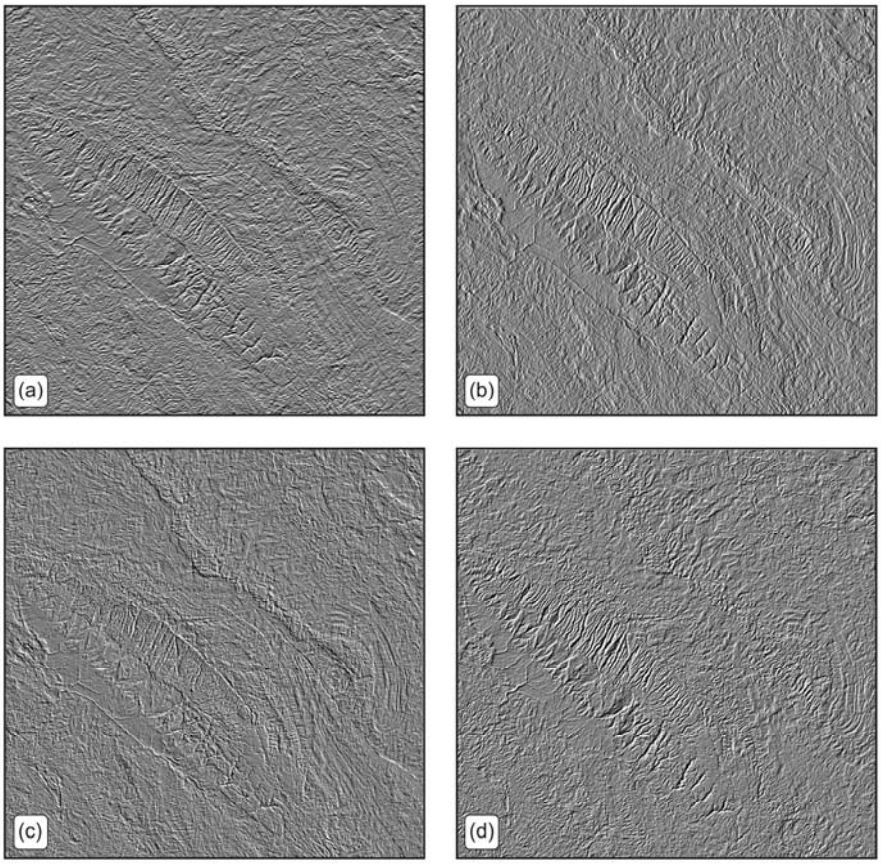
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



شکل ۶ اِعمال فیلتر بالاگذر ۵*۵ بر روی تصویر IRS-PAN ناحیه تاقدیس کوه آسماری

شکل ۷ اِعمال فیلتر بارزسازی تشخیص لبه بر روی باند ۸ تصویر ETM ناحیه تاقدیس کوه آسماری

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



شکل ۸ بارِزسازی آثار گسلش/ شکستگی در ناحیه تاقدیس کوه آسماری با اِعمال فیلترهای جهتی بر روی تصویر IRS-PAN

a) بارِزسازی آثار گسلش/ شکستگی با اِعمال فیلتر جهتی N-S.

b) بارِزسازی آثار گسلش/ شکستگی با اِعمال فیلتر جهتی E-W.

c) بارِزسازی آثار گسلش/ شکستگی با اِعمال فیلتر جهتی NE-SW.

d) بارِزسازی آثار گسلش/ شکستگی با اِعمال فیلتر جهتی NW-SE.

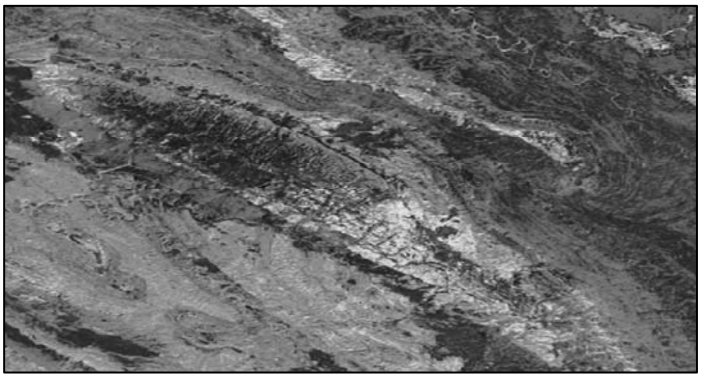
[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۲-۳-۲-۴- تکنیک سیستم رنگی HIS[1]

سیستم رنگی HIS، به عنوان یک سیستم رنگی مطرح در شناسایی خط واره‌ها شناخته می‌شود. این سیستم، نه تنها قادر است مفاهیم و معانی رنگی بیشتری را نسبت به سیستم RGB[2] فراهم کند، بلکه در بازسازی آثار گسلش/ شکستگی نیز نقش بسزایی دارد [٦، ۷]. در این تکنیک، رنگهای مختلف به وسیله سه ویژگی رنگی قابل اندازه‌گیری زیر مشخص می‌شوند:

- Hue: این ویژگی، بیانگر خصوصیت اصلی رنگ است که آن را از دیگر طیفها قابل تشخیص می‌کند.
- Intensity: این ویژگی، بیانگر شدت یک رنگ است. رنگهای با شدّت بالا، روشن، و رنگهای با شدت پایین، تاریک هستند.
- Saturation: این ویژگی، بیانگر مقدار خاکستری موجود در رنگ (خلوص رنگ) است. به رنگهای دارای Saturation بالا (یعنی با مقدار خاکستری کم)، رنگهای خالص یا روشن گفته می‌شود. در مقابل، رنگهای با Saturation پایین (با مقدار خاکستری زیاد)، رنگهای تیره یا ناخالص محسوب می‌شوند.

در شکل ۹، نتایج آشکارسازی خطواره‌ها در ناحیه تاقدیس کوه آسماری، با استفاده از تکنیک HIS نشان داده شده است.



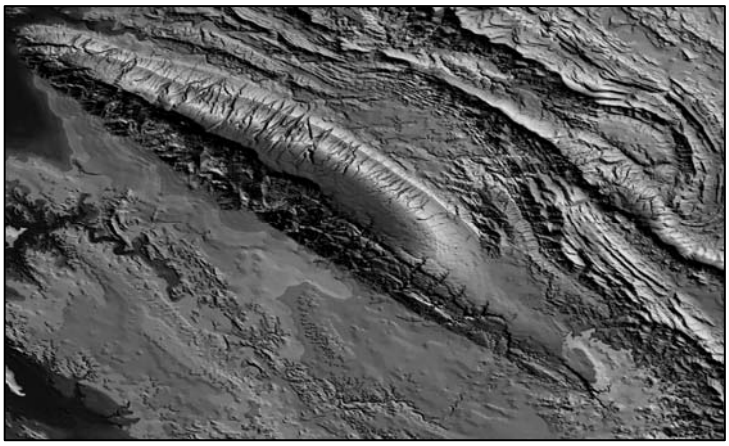
شکل ۹ آشکارسازی آثار گسلش/ شکستگی در ناحیه تاقدیس کوه آسماری، با اعمال تکنیک HIS بر روی تصویر ASTER

1. Hue / Intensity / Saturation (HIS)
2. Red / Green / Blue (RGB
3. Digital Elevation Model (DEM)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۲-۳-۳- پردازش نقشه‌های توپوگرافی، و آماده‌سازی مدل رقومی ارتفاع [۳]

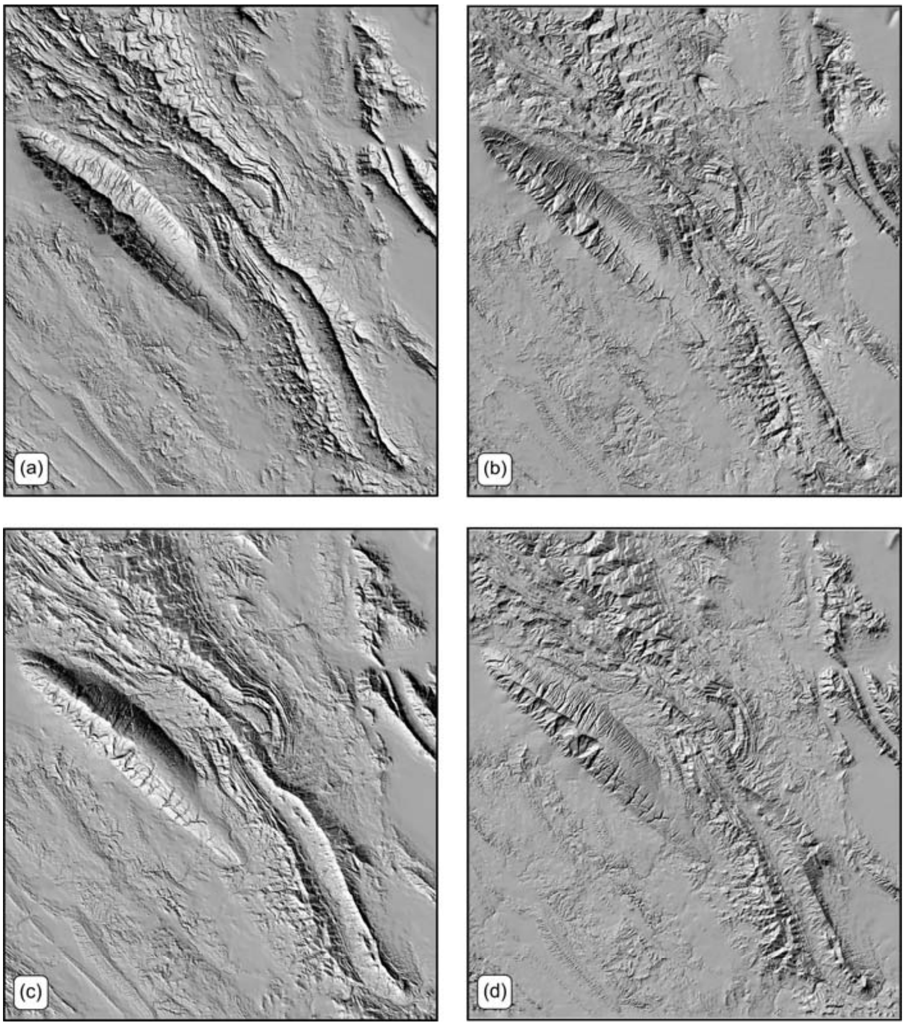
در پژوهش حاضر، به منظور مطالعه دقیق و جزئی الگوی گسلش / شکستگی در برونزدهای سازند آسماری، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی رقومی (در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰)، مدل رقومی ارتفاع برای ناحیه کوه آسماری تهیه گردید. در طی مطالعات ساختاری گستره مورد مطالعه، با توجه به اهمیت جهت تابش نور در شناسایی و استخراج خط واره‌ها، با تغییر آزیموت و ارتفاع خورشید بر روی مدل رقومی ارتفاع، تصاویر رنگ‌شده[۱] و تصاویر سایه‌دار[۲] متعددی ایجاد گردید که در هر یک از آنها، یک سری از آثار گسلش / شکستگی، آشکار و استخراج شده است (شکلهای ۱۰ و ۱۱). علاوه بر این، به منظور مشاهده جزئی سیمای دگرشکلی در بخشهای مختلف این تاقدیس، ضمن ترکیب DEM با پوشش نقشه‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای، مدلهای سه بُعدی متعددی نیز ایجاد شد (شکلهای ۱۲ تا ۱٤). این مدلها، اطلاعات زیادی در خصوص توزیع سیستمهای گسلش / شکستگی در بخشهای مختلف تاقدیس کوه آسماری فراهم کرده است.



شکل ۱۰ یک تصویر رنگ‌شده از مدل رقومی ارتفاع ناحیه تاقدیس کوه آسماری. در این تصویر، طبقات مختلف ارتفاعی، با ترکیبات رنگی کاذب – از رنگ قرمز (ارتفاع بیشتر) تا رنگ آبی (ارتفاع کمتر) – تفکیک شده است. این تصویر رنگی، توسط نرم‌افزار ER Mapper ٦/٤ ایجاد شده است

1. Color draped Image
2. Shadow Image (۲D DEM)

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



شکل ۱۱ تصاویر سایه‌دار حاصل از تغییر زوایای تابش نور خورشید بر روی مدل رقومی ارتفاع ناحیه تاقدیس کوه آسماری

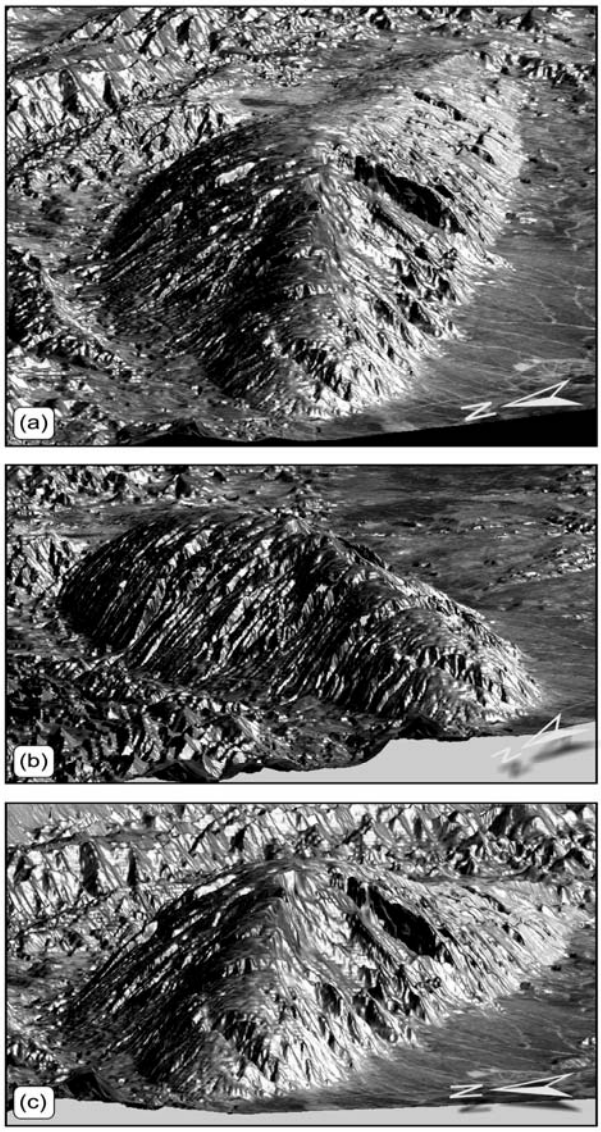
a) در این تصویر، زوایای ارتفاع و آزیموت خورشید برابر ٤٥ درجه است.

b) در این تصویر، زوایای آزیموت و ارتفاع خورشید به ترتیب برابر با ۱۳٥ و ٤٥ درجه است.

c) در این تصویر، زوایای آزیموت و ارتفاع خورشید به ترتیب برابر با ۲۲٥ و ٤٥ درجه است.

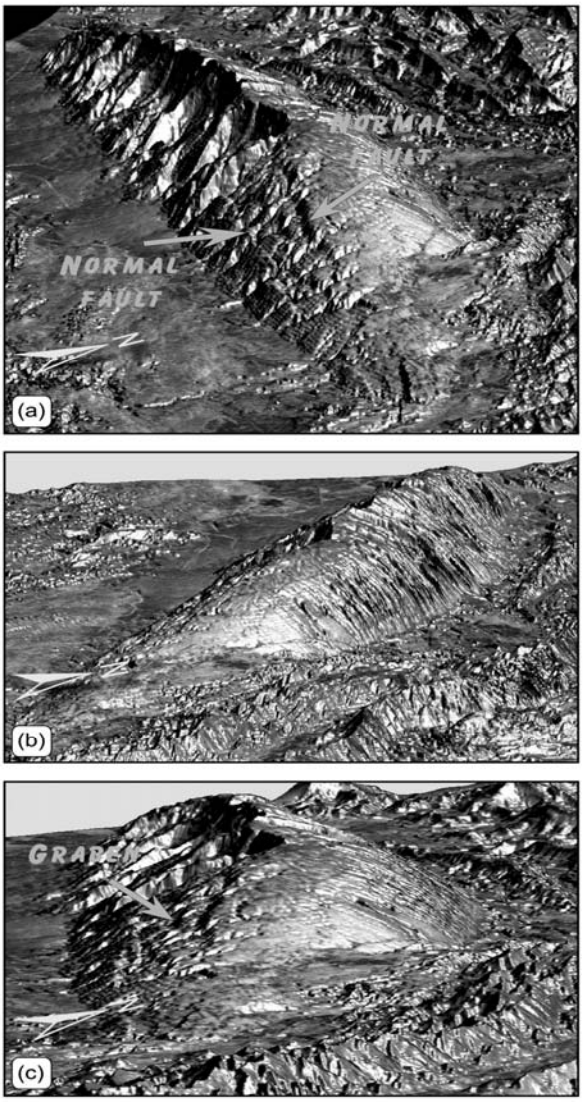
d) در این تصویر، زوایای آزیموت و ارتفاع خورشید به ترتیب برابر با ۳۱٥ و ٤٥ درجه است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



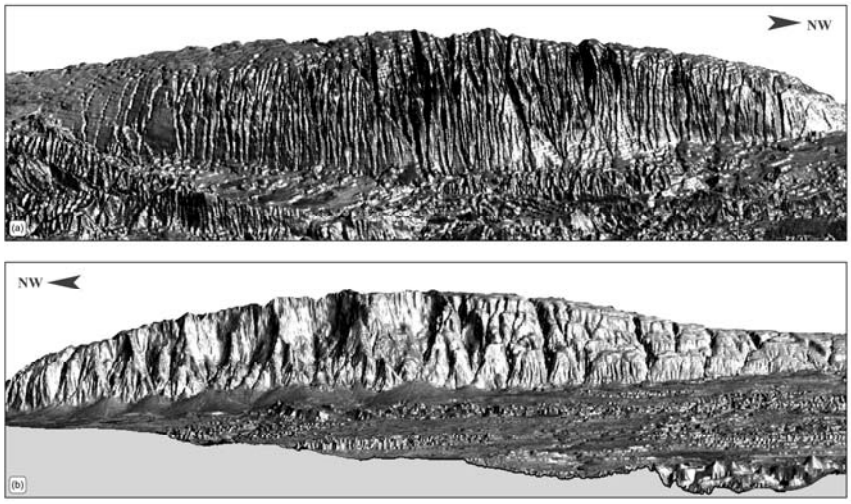
شکل ۱۲ سه نمای جزئی از سیمای دگرشکلی در ناحیه پلانژ شمال باختری تاقدیس کوه‌آسماری در مدل سه‌بُعدی ASTER. این مدل از همپوشانی تصویر ASTER بر روی DEM (با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰) ایجاد شده است. این نماها، با تغییر زوایای ارتفاع و آزیموت نقطه دید، در محیط نرم‌افزار ER Mapper ٦/٤ ایجاد شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



شکل ۱۳ سه نمای جزئی از سیمای دگرشکلی در ناحیه پلانژ جنوب خاوری تاقدیس کوه‌آسماری در مدل ســه‌بُعـدی ASTER. این نماها، با تغییر زوایای ارتفـاع و آزیموت نقطه دید، در محیط نـرم‌افــزار ER Mapper ٦/٤ ایجاد شده‌است. چنانکه ملاحظه می‌شود، در ناحیه ستیغ مجـاور بـا یـال جنـوب بـاختری تاقـدیس، عملکـرد گسلهای عادی (با فرایند NW-SE) باعث شکل‌گیری یک ساختار فروزمین (Graben) شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



شکل ۱۴ دو نمای جانبی از a) یال شمال‌خاوری، و b) یال جنوب‌باختری تاقدیس کوه‌آسماری در مدل سه‌بُعدی ASTER. چنانکه ملاحظه می‌شود، الگوی گسلش / شکستگی در یالهای مختلف این تاقدیس، یکسان نیست.

۲-۳-۴- روش توصیف، برداشت، و آنالیز آثار گسلش / شکستگی در تصاویر ماهواره‌ای

خط واره‌ها، فرایندهای خطی یا خطی- منحنی سیماهای طبیعی هستند که براساس مطالعات دورسنجی حاصل شده، دلالت بر کنترل ساختاری سطحی یا زیر سطحی دارند. این سیماهای خطی، عمدتاً نشانگر زونهای گسلش / شکستگی اصلی هستند. به هرحال، اگر چه در بسیاری موارد، خط واره‌ها در بخشی از طول خود توسط گسلها کنترل شده‌اند، ولی با این‌حال، جابه‌جایی ساختاری یا گسلش، یک اصل ضروری در تعریف خط واره‌ها نیست [۲، ۸]. در واقع، اغلب خطواره‌هایی که بر روی تصاویر ماهواره‌ای دیده می‌شوند، گسل محسوب نمی‌شوند، بلکه درزه‌های اصلی[1] بسیار طویل و بزرگ مقیاسی هستند که برداشت و اندازه‌گیری آنها در پیمایشهای صحرایی امکان‌پذیر نیست [۱۰].

1. Master joint

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

در تصاویر ماهواره‌ای، سیمای ساختاری آثار گسلش/ شکستگی، به صورت مستقیم و یا غیرمستقیم قابل شناسایی است. در برخی موارد، سیماهای خطی، دلالت بر حضور شکستگیهای پنهان در زیر پوشش رسوبی دارند. این شکستگیهای پنهان معمولاً توسط اشکال زمینی (نظیر گودیها، گنبدها، پشته‌ها) نمایان می‌شوند [۲، ۸]. در طی فرایند مطالعه آثار گسلش / شکستگی بر روی تصاویر ماهواره‌ای، عوامل زیادی هستند که در کمّ و کیف اطلاعات استخراج شده نقش دارند. هر چه پوشش گیاهی و خاک کمتر باشد، تشخیص آثار شکستگی ساده‌تر است. به همین ترتیب، علاوه بر سیماهای خطی مصنوعی (نظیر جاده، خط آهن)، انحرافاتی که به واسطه تمایل چشم در ایجاد سیماهای خطی موازی با راستای دید ایجاد می‌شود نیز در ایجاد و بازآفرینی خطا نقش دارند. به هر حال، نحوه عملکرد سیستم تصویربرداری ماهواره‌ها نیز گاهی می‌تواند باعث ایجاد خطا در برداشت خط واره‌ها شود [٦].

در پژوهش حاضر، با استفاده از تکنیکهای مختلف پردازش رایانه‌ای و بارزسازی، ویژگیهای آثار گسلش / شکستگی در تصاویر ماهواره‌ای و مدل رقومی ارتفاع ناحیه تاقدیس کوه آسماری، با استفاده از روش تفسیر بصری[1] مورد مطالعه قرار گرفت. سپس با انجام بازدیدهای میدانی، آثار این عناصر ساختاری در رخنمونهای صحرایی سازند آسماری، بازنگری و اصلاح شد.

برای توصیف آماری و آنالیز ساختاری آثار گسلش / شکستگی در روی تصاویر ماهواره‌ای، تکنیکهای متفاوتی ارائه شده است. در پژوهش حاضر، برای آنالیز فراوانی جهت‌گیری آثار شکستگیها از روش گرافیکی نمودار گُل‌سرخی استفاده شد. این نمودارها کارایی زیادی در تعیین روابط هندسی بین آثار گسلش / شکستگی با دیگر عناصر ساختاری بزرگ مقیاس دارند. ترسیم نمودار گُل‌سرخی آثار گسلش / شکستگی، بر اساس توزیع فراوانی[2] و نیز بر اساس توزیع طول تجمعی[3] شکستگیها، با استفاده از نرم‌افزار (۲۰۰٤) Rockworks صورت گرفته‌است. به هر حال، از آنجا که ترسیم داده‌ها با دامنه‌های محاسباتی[4] مختلف، تفاوت زیادی در فرایند دسته‌های اصلی آشکار نکرده، لذا ترسیم نهایی نمودارهای گُل‌سرخی، با یک دامنه محاسباتی ۱۰ درجه‌ای صورت گرفت.

1. Visual interpretation
2. Frequency
3. Cumulative length
4. Counting interval

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

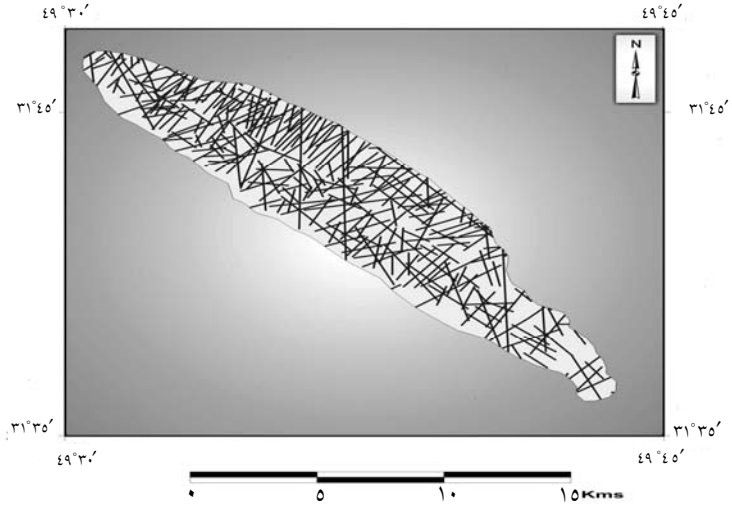
۳- نتایج و دستاوردها

به کارگیری تکنیکهای مختلف سنجش از دور، اطلاعات جزئی زیادی در مورد سیستمهای گسلش/ شکستگی در ناحیه تاقدیس کوه آسماری فراهم کرده است. در شکل ۱۵، نقشه پراکندگی خط واره‌ها در گستره مورد مطالعه نشان داده شده است. در این نقشه، سیماهای خطی، نمایانگر آثار سطحی گسلهای شدیداً شیبدار، زونهای گسلی، و سیستمهای درزه اصلی هستند. در طی مطالعات سنجش از دور، اندازه‌گیری و برداشتهای ساختاری متعددی بر روی این سیستمهای گسلش / شکستگی صورت گرفت. در مجموع، در قلمروهای ساختاری مختلف تاقدیس کوه آسماری، تعداد ۳٤٥ خطواره برداشت و اندازه‌گیری گردید که اطلاعات آماری آنها در جدول ۲ ارائه شده‌است. چنانکه ملاحظه می‌شود، توزیع سیستمهای گسلش / شکستگی در بخشهای مختلف تاقدیس کوه آسماری یکسان نیست.

در شکل ١٦، نمودارهای گُل‌سرخی توزیع آماری خط واره‌ها در ناحیه تاقدیس کوه آسماری نشان داده شده است. چنانکه ملاحظه می‌شود، فراوانی شکستگیها در جهت NE-SW بیشتر از سایر جهات است. به منظور بررسی تغییرات الگوی شکستگی در گستره مورد مطالعه، در هر یک از قلمروهای ساختاری تاقدیس کوه آسماری، نمودارهای گُل‌سرخی توزیع شکستگیها نیز ترسیم گردید (شکلهای ۱۷ تا ۱۹). مقایسه آماری نمودارهای گُل‌سرخی در قلمروهای ساختاری تاقدیس کوه آسماری، دلالت بر آن دارد که توزیع فراوانی و توزیع طول تجمعی دسته‌های شکستگی، از تطابق نسبتاً خوبی برخوردار است.

در ادامه، نتایج مطالعات ساختاری الگوی پراکنش و جهت‌گیری شکستگیها در قلمروهای ساختاری تاقدیس کوه آسماری، مورد بحث قرار خواهد گرفت.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

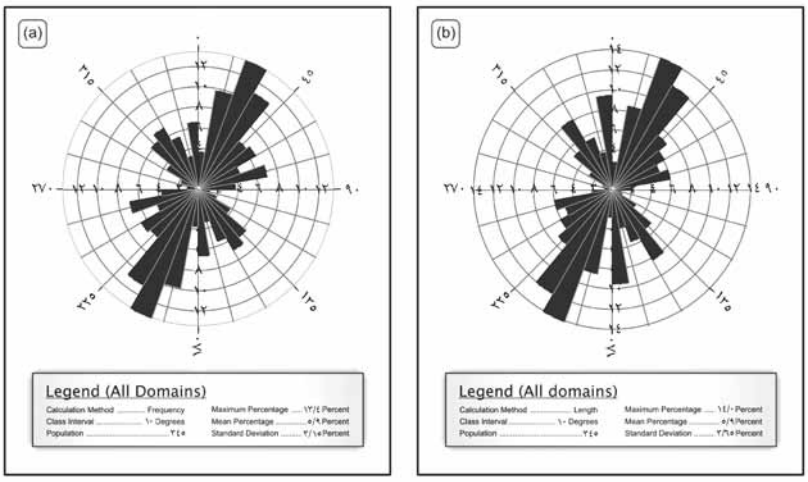


شکل ۱۵ نقشه پراکندگی سیستمهای گسلش / شکستگی در تاقدیس کوه آسماری. این نقشه، با تلفیق لایه‌های اطلاعاتی آثار شکستگی استخراج شده از تصاویر ETM، ASTER، و IRS-PAN، و DEM در محیط نرم‌افزار ArcView ۳/۲ a ایجاد شده است.

جدول ۲ اطلاعات آماری شکستگیها در قلمروهای ساختاری تاقدیس کوه آسماری

		NE Limb	SW Limb	NW Plunge	SE Plunge	Sum.
Population of Lineaments	Number	۱۵۳	۱۱۷	٤۳	۳۲	۳٤٥
	Percent	٪٤٤/۳	٪۳۳/۹	٪۱۲/٥	٪۹/۳	٪۱۰۰
Total Length of Lineaments	Per Km	۲۱۷/۱۱	۱۸٥/۸٦	٥۳/۲۲	٥۳/٤۹	٥۰۹/٦۸
	Percent	٪٤۲/٦	٪۳٦/٥	٪۱۰/٤	٪۱۰/٥	٪۱۰۰
Length Analysis	Mean Length of Lineaments (km)	۱/٤۰	۱/٥۹	۱/۲٤	۱/٦۷	
	Max. Length of Lineaments (km)	٥/۲٤	٦/۱٥	٤/۱٤	۳/۹۱	
	Min. Length of Lineaments (km)	۰/۰۱	۰/۰٥	۰/۰٥	۰/۰٥	

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



شکل ۱۶ نمودارهای توزیع سیستمهای گسلش / شکستگی در محدوده تاقدیس کوه آسماری.

a) نمودار توزیع فراوانی سیستمهای گسلش / شکستگی.

b) نمودار توزیع طول تجمعی سیستمهای گسلش / شکستگی.

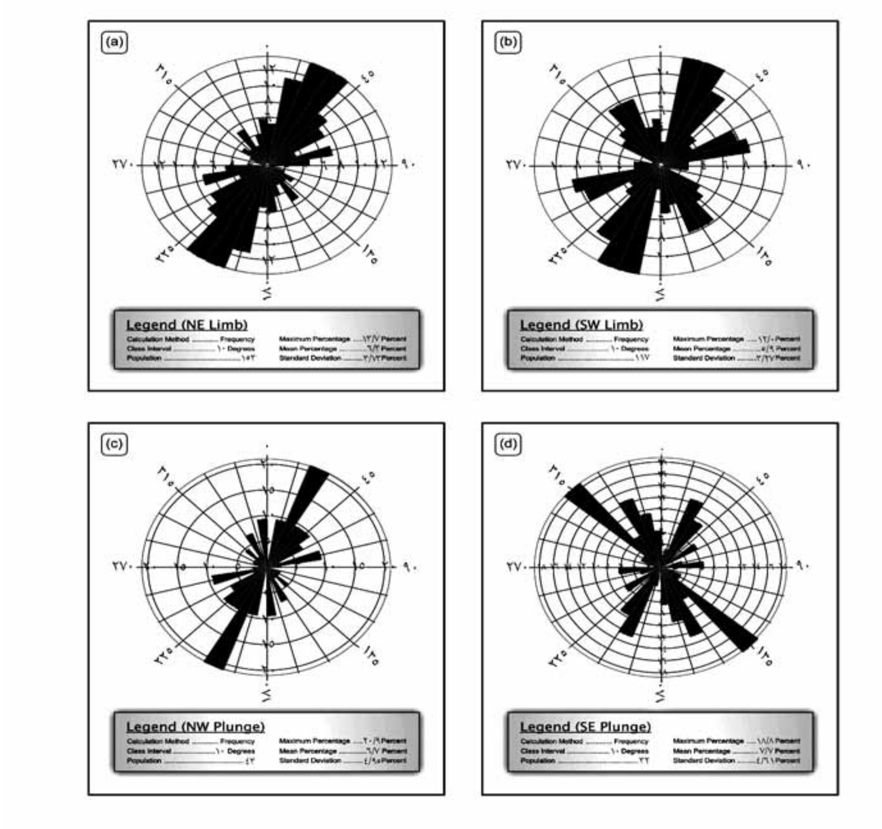
۳-۱- الگوی پراکنش و جهتگیری شکستگیها در یال شمال خاوری

بررسیهای آماری نشان داده که در تاقدیس کوه آسماری، بخش اعظم شکستگیها (درحدود ٤٤/٣٪) در قلمرو ساختاری یال شمال خاوری واقع شده‌اند (جدول ۲). این شکستگیها، از نظر طولی نیز بیشترین سهم (نسبتی معادل ٤٢/٦٪) را به خود اختصاص داده‌اند. در این بخش از ساختار، ابعاد شکستگیها بین چند صد متر تا بیش از ٥ کیلومتر تغییر کرده است.

در یال شمال خاوری تاقدیس کوه آسماری، سیمای غالب دگرشکلی به صورت شکستگیهای نزدیک فاصله و کمابیش موازی است که بسیاری از آنها در راستای NE-SW (جهت عمود بر محور تاقدیس) جهت‌گیری شده‌اند (شکلهای a ۱۷، a ۱۸، و ۱۹). بررسی نمودارهای مختلف، همچنین نشانگر دسته‌های شکستگی فرعی است که از فراوانی نسبتاً ناچیزی برخوردار بوده، عمدتاً در راستای N-S، جE-، و نیز NW-SE (موازی با محور تاقدیس) جهت‌گیری شده‌اند. در مجموع، در این بخش از تاقدیس، شکستگیهایی که در راستای

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

عمود بر فرایند چین‌خوردگی توسعه یافته‌اند، نسبت بـه شکـستگیهایی کـه در سـایر جهـات تـشکیل شده‌اند، دارای فراوانی و طول تجمعی بیشتری هستند. بررسی ساختاری مدلهای سه‌بعدی نیز حاکی از آن است که طول اغلب این شکستگیها، محدود به نواحی یال تاقدیس شده است (شکل ١٤).



شکل ۱۷ نمودارهای توزیع فراوانی شکستگیها در قلمروهای ساختاری تاقدیس کوه آسماری (همچنین، نگاه کنید به شکلهای ۱۸ و ۱۹).

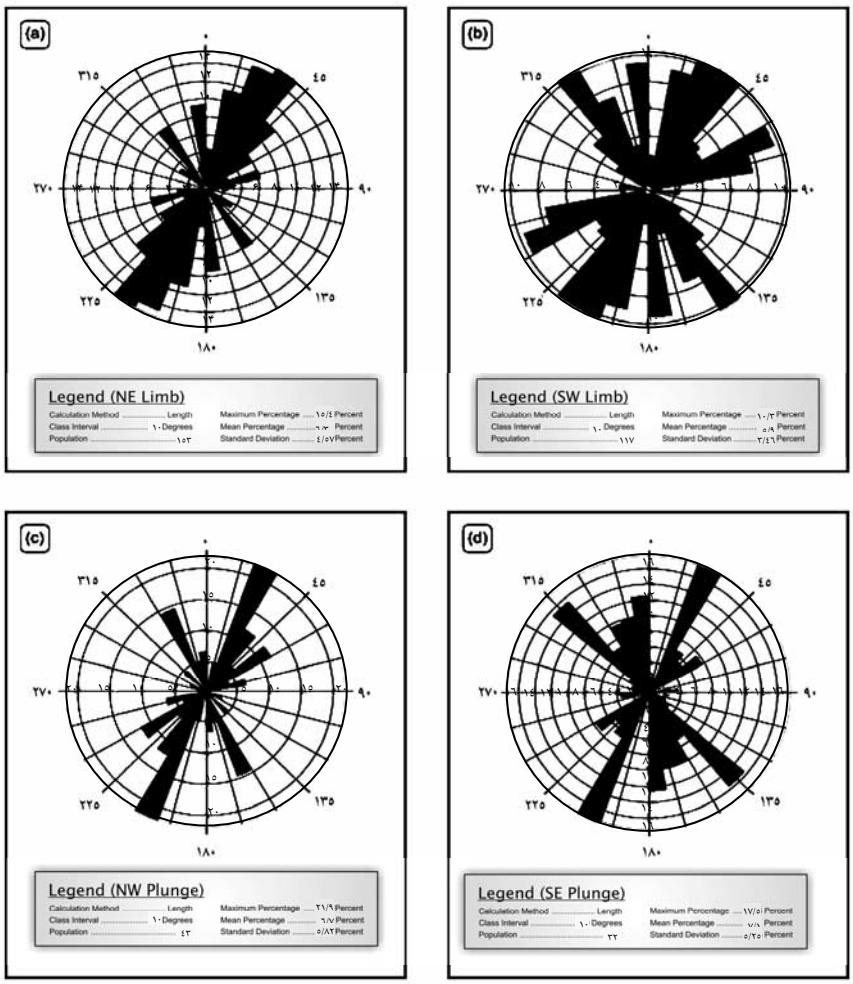
a) نمودار توزیع فراوانی شکستگیها در یال شمال خاوری.

b) نمودار توزیع فراوانی شکستگیها در یال جنوب باختری.

c) نمودار توزیع فراوانی شکستگیها در پلانژ شمال باختری.

d) نمودار توزیع فراوانی شکستگیها در پلانژ جنوب خاوری.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



شکل ۱۸ نمودارهای توزیع طول تجمعی شکستگیها در قلمروهای ساختاری تاقدیس کوه آسماری (همچنین، نگاه کنید به شکلهای ۱۷ و ۱۹).

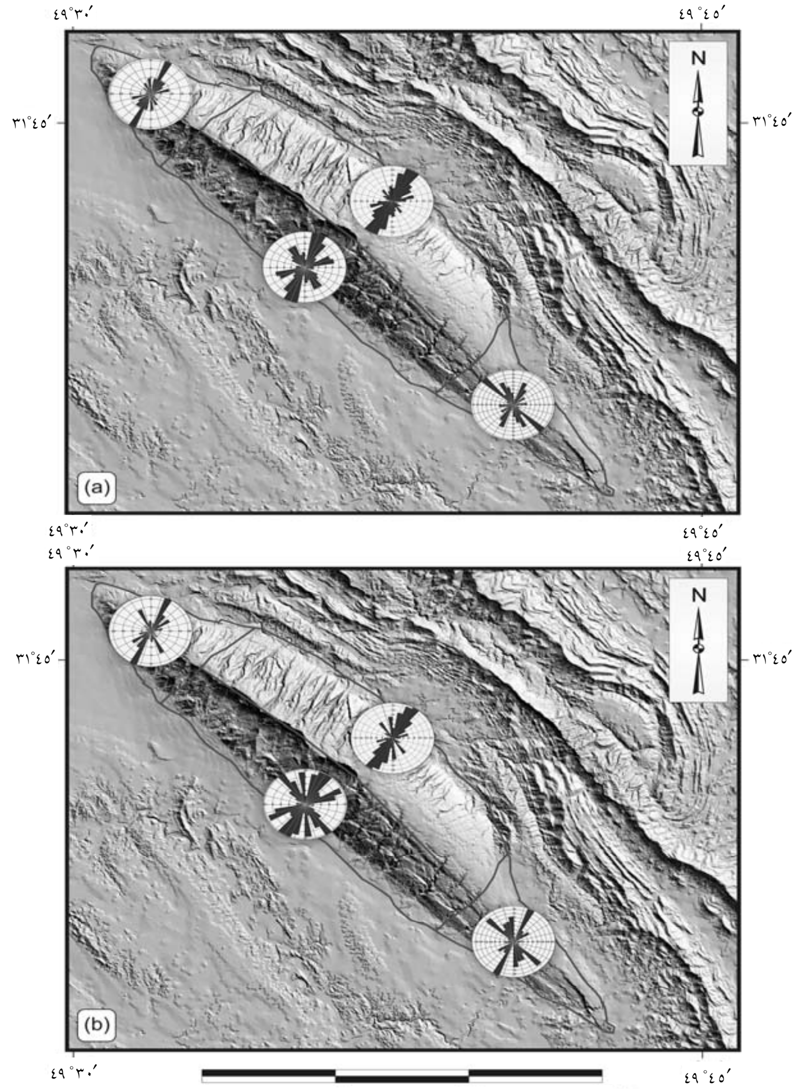
a) نمودار توزیع طول‌تجمعی شکستگیها در یال شمال خاوری.

b) نمودار توزیع طول‌تجمعی شکستگیها در یال جنوب باختری.

c) نمودار توزیع طول‌تجمعی شکستگیها در پلانژ شمال باختری.

d) نمودار توزیع طول‌تجمعی شکستگیها در پلانژ جنوب خاوری.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]



شکل ۱۹ نقشه توزیع شکستگیها در قلمروهای ساختاری تاقدیس کوه آسماری.

a) نقشه نمودارهای گل‌سُرخی توزیع فراوانی شکستگیها.

b) نقشه نمودارهای گل‌سُرخی توزیع طول تجمعی شکستگیها.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۳-۲- الگوی پراکنش و جهتگیری شکستگیها در یال جنوب باختری

بررسیهای آماری نشان داده که درحدود ۳۳/۹ درصد شکستگیها، در یال جنوب باختری تاقدیس کوه آسماری واقع شده‌اند (جدول ۲). این شکستگیها از نظر طولی، نسبتی معادل ۳٦/٥ درصد را در بر می‌گیرند. در این قلمرو ساختاری، اَبعاد شکستگیها بین چند صد متر تا بیش از ٦ کیلومتر تغییر کرده است.

آنالیز ساختاری توزیع شکستگیها نشانگر آن است که الگوی دگرشکلی در یال جنوب باختری تاقدیس کوه آسماری، به مراتب پیچیده‌تر از یال شمال خاوری است (شکل ١٤). در این ناحیه، اغلب دسته‌های شکستگی در جهات NE-SW، NW-SE، ENE-WSW و تا حدودی N-S جهت‌گیری شده‌اند (شکلهای b ۱۷، b ۱۸، و ۱۹). در مجموع، اگر چه در این بخش از ساختار، توسعه شکستگیهای عمود بر محور چین‌خوردگی (فرایند NE-SW)، کمتر از شکستگیهای موازی محور چین‌خوردگی (فرایند NW-SE) است، ولی شکستگیهای دارای فرایند N-S و یا E-W، از ویژگیهای ساختاری مشابه با یال شمال‌خاوری برخوردارند.

بررسیهای ساختاری مدلهای سه‌بعدی حاکی از آن است که در برخی نواحی، عملکرد عادی گسلهای دارای فرایند NE-SW و یا NW-SE باعث ایجاد ساختمانهای فروزمین[1] شده‌است. به عنوان مثال، در ناحیه ستیغ مجاور با یال جنوب باختری تاقدیس، عملکرد گسلهای عادی (با فرایند NW-SE) باعث شکل‌گیری ساختار فروزمینی شده که آثار آن تا حوالی پلانژ جنوب خاوری تداوم یافته است (شکل ۱۳).

۳-۳- الگوی پراکنش و جهت‌گیری شکستگیها در پلانژ شمال باختری

الگوی دگرشکلی در پلانژهای تاقدیس کوه آسماری تا حدودی متفاوت با نواحی یالها است (شکلهای ۱۲ تا ١٤). بررسیهای آماری نشان داده که درحدود ۱۲/٥ درصد شکستگیها، در قلمرو ساختاری پلانژ شمال باختری واقع شده‌اند (جدول ۲). این شکستگیها، از نظر طولی، نسبتی معادل ۱۰/٤ درصد را به خود اختصاص داده‌اند. اَبعاد آنها نیز بین چند صد متر تا بیش از ٤ کیلومتر تغییر کرده است.

1. Graben

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

بررسیهای ساختاری حاکی از آن است که در پلانژ شمال باختری، دسته‌های شکستگی در جهات مختلفی توزیع شده‌اند (شکلهای c ۱۷، c ۱۸، و ۱۹). این پدیده تا حدودی در ارتباط با چرخش شیب ساختاری طبقات و تغییر جهتگیری محورهای تنش محلی در حین مراحل چین‌خوردگی است. این فرایند، منجر به شکل‌گیری سیستمهای شکستگی متعددی شده که گسترش آنها محدود به این بخش از ساختار است. به هر حال، نظیر سایر قلمروهای ساختاری تاقدیس کوه آسماری، در ناحیه پلانژ شمال باختری نیز توسعه شکستگیها در جهت NE-SW (شکستگیهای عمود بر محور چین‌خوردگی) بیشتر از سایر جهات است (شکل ۱۵).

۳-۴- الگوی پراکنش و جهت‌گیری شکستگیها در پلانژ جنوب خاوری

الگوی پراکنش شکستگیها در قلمرو ساختاری پلانژ جنوب خاوری تاقدیس کوه آسماری، یکنواخت‌تر از پلانژ شمال باختری است. مطالعات آماری نشان داده که کمترین نسبت شکستگیها (در حدود ۹/۳٪) در قلمرو ساختاری پلانژ جنوب خاوری واقع شده‌اند (جدول ۲). این شکستگیها از نظر طولی، نسبتی معادل ۱۰/۵ درصد را به خود اختصاص داده‌اند. در این قلمرو ساختاری، اَبعاد شکستگیها بین چند صد متر تا حدود ٤ کیلومتر تغییر کرده است.

در پلانژ جنوب خاوری تاقدیس کوه آسماری، توزیع فراوانی و توزیع طول تجمعی دسته‌های شکستگی در ترسیمات مختلف نمودارهای گُل‌سرخی، دارای تطابق خوبی نیست (شکلهای d ۱۷، d ۱۸، و ۱۹). آنالیز ساختاری توزیع فراوانی و توزیع طول تجمعی شکستگیها نشانگر آن است که در این بخش از ساختار، اغلب دسته‌های شکستگی در جهات NE-SW، NW-SE، NNW-SSE و N-S جهت‌گیری شده‌اند. به هر حال، شکستگیهایی که در جهات موازی و یا عمود بر محور چین‌خوردگی توسعه یافته‌اند، نسبت به سایر شکستگیها، دارای فراوانی و طول تجمعی بیشتری هستند (شکل ۱۵).

۴- تحلیل ساختاری الگوی گسلش / شکستگی در تاقدیس کوه آسماری

در طی مطالعات سنجش از دور، ویژگیهای هندسی و ساختاری آثار گسلش / شکستگی در تاقدیس کوه آسماری، با استفاده از تکنیکهای مختلف مورد توجه قرار گرفت. این مطالعات،

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

حاکی از آن است که در بخشهای مختلف این تاقدیس، اغلب شکستگیها در راستای NW-SE جهت‌گیری شده‌اند. علاوه بر این، برخی از دسته‌های شکستگی نیز در جهات NE-SW، N-S، و E-W توسعه یافته‌اند. بررسیهای آماری همچنین نشان داده که اَبعاد سیستمهای مختلف شکستگی یکسان نیست و معمولاً درازای میانگین شکستگیهای موازی با محور (فرایند NW-SE) بیشتر از سایر سیستمهای شکستگی است.

بررسیهای ساختاری نشان داده که در بخشهای مختلف تاقدیس کوه آسماری، توزیع سیستمهای شکستگی / گسلش یکسان نیست. در واقع، الگوی شکستگی در یال جلویی تاقدیس، به‌مراتب پیچیده‌تر از یال پُشتی است.[1] علاوه بر این، در نواحی پلانژهای تاقدیس نیز سیمای دگرشکلی یکسان نبوده، الگوی شکستگی در پلانژ شمال باختری به‌مراتب پیچیده‌تر از پلانژ جنوب خاوری است.

آنالیزهای ساختاری در تاقدیس کوه آسماری، سازوکارهای متفاوتی برای شکل‌گیری انواع سیستمهای گسلش / شکستگی پیشنهاد می‌کند. بررسی روابط ساختاری سیستمهای شکستگی NW-SE (شکستگیهای موازی با محور تاقدیس) و NE-SW (شکستگیهای عمود بر محور تاقدیس)، با هندسه چین‌خوردگی، دلالت بر آن دارد که این سیستمهای ارتوگونال، به ترتیب قابل‌قیاس با شکستگیهای طولی و عرضی هستند که در طی حوادث کوهزایی آلپی، و در اثر سازوکار چین‌خوردگی کمانشی[2] تشکیل شده‌اند. در مقابل، از آنجا که سیستمهای شکستگی N-S و E-W، در قلمروهای مختلف ساختاری تاقدیس (نواحی یال، پلانژ، و ستیغ) به طور یکنواخت تداوم یافته‌اند، لذا به نظر می‌رسد که شکل‌گیری آنها مستقل از سازوکارهای چین‌خوردگی بوده، احتمالاً در ارتباط با عملکرد گسلهای ناحیه‌ای تا فراناحیه‌ای قدیمی (پیش از آلپی و یا آلپی) بوده است. به هر حال، از آنجا که سیستمهای شکستگی N-S و E-W معمولاً شکستگیهای عرضی و طولی را قطع کرده‌اند لذا جدیدتر بوده، زمان شکل‌گیری آنها احتمالاً در مراحل نهایی چین‌خوردگی زاگرس بوده است.

---

۱. به نظر می‌رسد که نظیر بسیاری از تاقدیسهای زاگرس، تعدد دسته‌های شکستگی و پیچیدگی اُلگوی ساختاری در یال جنوب باختری تاقدیس کوه آسماری، در ارتباط با عملکرد گسلهای راندگی است.

۲. برای اطلاعات بیشتر در خصوص سازوکارهای ایجاد شکستگی در طی چین‌خوردگی کمانشی (Buckle folding) رجوع کنید به منبع شماره ۱۰.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۵- کاربرد نتایج مطالعات سنجش از دور در مدل‌سازی مخازن هیدروکربوری

به طور کلی، اولین گام در فرایند مدل‌سازی استاتیک مخازن بـه طـور طبیعـی شکسـته شـده سـازند آسـماری، ایجـاد مـدل شـبکه شکسـتگیها بـا اسـتفاده از نـرم‌افزارهـای مـدل‌سـاز (نظیرFRACA) است. در این خصوص، عمده‌ترین پارامترهایی کـه بـرای مـدل‌سـازی شـبکه شکستگیها استفاده می‌شوند، عبارتند از:

- تعریف انواع دسته‌های شکستگی،
- سازوکار شکل‌گیری انواع دسته‌های شکستگی،
- توزیع فضایی دسته‌های شکستگی در ساختمان نفتگیر.

به هر حال، برای مدل‌سازی شبکه شکستگیها، لازم است تا اطلاعات دیگری از قبیل جهت-گیری شکستگیها، طـول شکسـتگیها، تـراکم شکسـتگیها، نحـوه اتـصال شکسـتگیها، وضـعیت پُرشدگی شکستگیها، تـأثیر شکسـتگیهای ناحیـه‌ای و غیـره را نیـز بـه دسـت آورد [٤، ٥، ٦]. برخی از این اطلاعات (نظیر جهتگیری شکستگیها، و وضعیت پُرشدگی شکستگیها) با استفاده از مطالعه مغزه‌های نفتی، لاگهای الکتریکی تصویرگر، و اطلاعات ژئوفیزیکی (نظیـر داده‌هـای لرزه‌ای) قابل استحصال است. به هر حال، برخـی اطلاعـات (نظیـر طـول شکسـتگیها، فاصـله میانگین شکستگیها، و نحوه اتصال شکستگیها) را نمی‌توان از روی داده‌هـای چـاه بـه دسـت آورد. در این خصوص، اطلاعات ساختاری حاصل از مطالعات رُخنمونهای آسماری می‌توانـد به عنوان مبنایی برای تعیین این پارامترها قرار گیرد.

در پـژوهش حاضـر، بـه منظـور مطالعـات سـاختاری الگـوی گـسلش / شکـستگی در رُخنمونهای سازند آسماری (در محـدوده تاقـدیس کـوه آسـماری) از روشـهای دور سـنجی اسـتفاده شـد. نتـایج و دسـتاوردهای حاصـل از مطالعـات سـنجش از دور مـی‌توانـد بـرای مدل‌سازی شبکه شکستگیها در مخازن آسماری نیز اسـتفاده شـود. ایـن مطالعـات، مؤیـد آن است که عمده‌ترین ویژگیهای الگـوی گـسلش / شکـستگی در سـاختمانهای تاقدیـسی سـازند آسماری، به ترتیب زیر است:

– در سـاختمانهای تاقدیـسی سـازند آسـماری، الگـوی گـسلش / شکـستگی از عوامـل ساختاری محلی و یا ناحیه‌ای تأثیرات زیادی پذیرفته است. این پدیده‌ها معمولاً موجـب تغییـر الگوی سیستمهای شکستگی در قلمروهای مختلف ساختاری شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

– الگوی گسلش / شکستگی، در یالهای مختلف تاقدیسهای سازند آسماری یکسان نیست. در یال جلویی تاقدیسها، شدت دگرشکلی معمولاً به‌مراتب پیچیده‌تر از یال پُشتی است. علاوه بر این، الگوی گسلش / شکستگی، در نواحی پلانژ تاقدیسها نیز ثابت نیست.

– در ساختمانهای تاقدیسی سازند آسماری، دو سیستم گسلش / شکستگی کمابیش ارتوگونال قابل تشخیص است که به صورت موازی و عمود بر محور چین‌خوردگی جهت‌گیری شده‌اند. علاوه بر این، برخی سیستمهای شکستگی نیز نسبت به محور چین‌خوردگی به صورت اریب جهت‌گیری شده‌اند. عمده‌ترین این شکستگیها، مواردی هستند که در راستای E-W و یا N-S، گسترش یافته، غالباً فاقد رابطه هندسی و یا زایشی با ساختمان چین‌خورده هستند.

– در ساختمانهای تاقدیسی سازند آسماری، اَبعاد شکستگیها توسط عوامل متعددی کنترل شده‌است. از این رو، اَبعاد انواع سیستمهای شکستگی در بخشهای مختلف تاقدیس، یکسان نیست.

– در ساختمانهای تاقدیسی سازند آسماری، فاصله، تراکم، و شدت انواع سیستمهای شکستگی، ثابت نبوده، تابع جایگاه ساختاری، زاویه شیب یالها، و زاویه شیب پلانژ است.

۶- نتیجه‌گیری

برای مدل‌سازی استاتیک و یا دینامیک مخازن هیدروکربوری سازند آسماری، مطالعه توزیع شکستگیها از اهمیت زیادی برخوردار است. در پژوهش حاضر، به منظور مطالعه قیاسی الگوی شکستگی در مخازن آسماری، ویژگیهای هندسی و ساختاری آثار گسلش / شکستگی در تاقدیس کوه آسماری، با استفاده از تکنیکهای مختلف سنجش از دور مورد مطالعه قرار گرفت. در طی این مطالعات، برداشتهای متعددی بر روی جهت‌گیری، طول، و تراکم این سیماهای خطی صورت گرفت.

مطالعات آماری نشان داده که در تاقدیس کوه آسماری، اَبعاد سیستمهای گسلش / شکستگی از چند صد متر تا حدود ٦ کیلومتر تغییر کرده است. اغلب این شکستگیها در راستای NE-SW (عمود بر محور تاقدیس) جهت‌گیری شده‌اند. برخی از سیستمهای گسلش / شکستگی نیز در جهات NW-SE، N-S و E-W توسعه یافته‌اند.

در تاقدیس کوه آسماری، توزیع سیستمهای گسلش / شکستگی، در قلمروهای مختلف ساختاری یکسان نیست. بررسیهای سنجش از دور نشان داده که الگوی دگرشکلی در یال

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

جلویی به‌مراتب پیچیده‌تر از یال پُشتی است. علاوه بر این، الگوی دگرشکلی در پلانژ شمال باختری نیز به‌مراتب پیچیده‌تر از پلانژ جنوب خاوری است. از این رو، به نظر می‌رسد که تغییرات الگوی جهت‌گیری و یا شدت سیستمهای گسلش / شکستگی، تابع جایگاه ساختاری، زاویه شیب یالها، و زاویه پلانژ است.

مطالعات ساختاری در تاقدیس کوه آسماری حاکی از آن است که سبک و سازوکار شکل‌گیری سیستمهای مختلف گسلش/ شکستگی یکسان نیست. بررسی روابط ساختاری سیستمهای NW-SE و NE-SW، با هندسه چین‌خوردگی نشان داده که این سیستمهای شکستگی ارتوگونال در طی سازوکار چین‌خوردگی تشکیل شده‌اند. به همین ترتیب، مغایرت سیستمهای شکستگی N-S و E-W با الگوی تکتونیک ناحیه‌ای پیشنهاد می‌کند که شکل‌گیری آنها مستقل از چین‌خوردگی بوده، احتمالاً در ارتباط با سازوکارهای ناشی از تجدید فعالیت گسلهای ناحیه‌ای تا فراناحیه‌ای قدیمی بوده است.

ویژگیهای الگوی گسلش / شکستگی در تاقدیس کوه آسماری می‌تواند به عنوان مبنایی برای مدل‌سازی شبکه شکستگیها در مخازن سازند آسماری در گستره جنوب باختری ایران قرار گیرد.

۷- منابع

[۱] مطیعی، ه.؛ زمین‌شناسی نفت زاگرس (جلد ۱)؛ سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران؛ ۱۳۷٤.

[2] Alpay, A.; Application of aerial photographic interpretation to the study reservoir natural fracture systems; Journal of Petroleum Geology,Vol. 25 (1), 1973.

[3] Coward, M. P., Daltaban, T. S., and Johnson, H., (eds.); Structural geology in reservoir characterization; Geological Society of London, Special Publications, No. 127, 1998.

[4] Hennings, P. H., Olson, J. E., and Thomson, L. B.; Combining outcrop data and three dimensional structural models to characterize fractured reservoirs: an example from Wyoming; AAPG Bull. 84, 2000.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[5] Nelson R. A.; Geological analysis of naturally fractured reservoirs; 2nd edition. Gulf Professional Publishing, 2001.

[٦] طاهرکیا، ح.؛ اصول و کاربرد سنجش از دور؛ جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران، ۱۳۷۵.

[7] Sabins, F. F.;Remote Sensing: Principles and Interpretation; 3d Edition. W. H. Freeman and Company. New York, 1996.

[8] Prost, G. L.; Interpretation of Remote Sensing Images for the Petroleum Industry: Exploration, Exploitation and Environmental Monitoring; Gordon and Breach Science Publishers, Inc. New York, 1994.

[9] Iranian Oil Operation Companies (IOOC); Geological compilation map; Sheet No. 20825 E: Kuh-e Asmari, scale 1: 100,000; Geol. and Explor. Division, Tehran., Iran. 1966.

[10] Ramsay, J. G., and Huber, M. I.; The techniques of Modern Structural Geology, vol 2: Folds and Fractures; Academic Press, 1987.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2024-10-12]