

## بررسی و تحلیل آثار ژئومورفولوژی گسل تَرُود

دکتر مسعود معیری\*

استادیار گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان

سید حجت موسوی

کارشناسی ارشد ژئو مورفولوژی دانشگاه اصفهان

چکیده

در اثر فشار نیروهای داخلی یک سری شکستگی هایی در طبقات پوسته زمین ایجاد می شود. اگر این طبقات شکسته شده حرکت کرده و به طور جانبی و یا قائم نسبت به یکدیگر جابجا شوند گسلها را به وجود می آورند. گسل های متعددی در ایران وجود داشته و دارند که از نشانه های تکنیک فعال منطقه محسوب می شوند. یکی از مهمترین مناطق گسلی ایران، منطقه ایران مرکزی است که با دارا بودن ۹ گسل مهم، متراکمترین منطقه گسلی ایران می باشد. در منتهی الیه شمال کویر بزرگ و در قسمت جنوب منطقه شاهرود - سمنان گسلی به نام گسل تَرُود - انجیلو وجود دارد که از گسلهای مهم و فعال ایران مرکزی به شمار می رود. این گسل با داشتن روند شمال شرقی - جنوب غربی حرکات راست لغز چپ گرد و شیب ۸۰ درجه، یک گسل عادی معکوس، پرشیب و نزدیک به

\* E-mail: [m\\_moayeri\\_2008@yahoo.com](mailto:m_moayeri_2008@yahoo.com) نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۱۲۵۷۰۰۸

عمود محسوب می شود. جابجایی های جانبی و قائم مداوم این گسل، سبب ایجاد لندفرمها و آثار و اشکال ویژه ای در منطقه ترود - ستوه شده که از لحاظ ژئومورفولوژی حائز اهمیت و قابل بررسی و تحلیل می باشد. از جمله آثار فعالیت های این گسل می توان به ایجاد ناهمواریها و چین خوردگی های محلی، افزایش ارتفاع گنبدهای نمکی، تسریع و تشدید فعالیت های ماگماتیسم منطقه، افزایش ارتفاع گنبدهای شمال دشت کویر و زمینهای پست مجاور، جدا سازی افیولیت ملانژهای منطقه سبزوار از منطقه کویر بزرگ، زمین لرزه سال ۱۳۳۱ ترود هدایت آبهای زیر زمینی منطقه اشاره کرد. به طور کلی تکتونیک فعال این منطقه و پیامدهای خاص آن را می توان به وجود گسل ترود نسبت داد.

واژگان کلیدی: گسل، هورست، گرابن، تکتونیک صفحه ای، مورفوتکتونیک، کلوته، ترود.

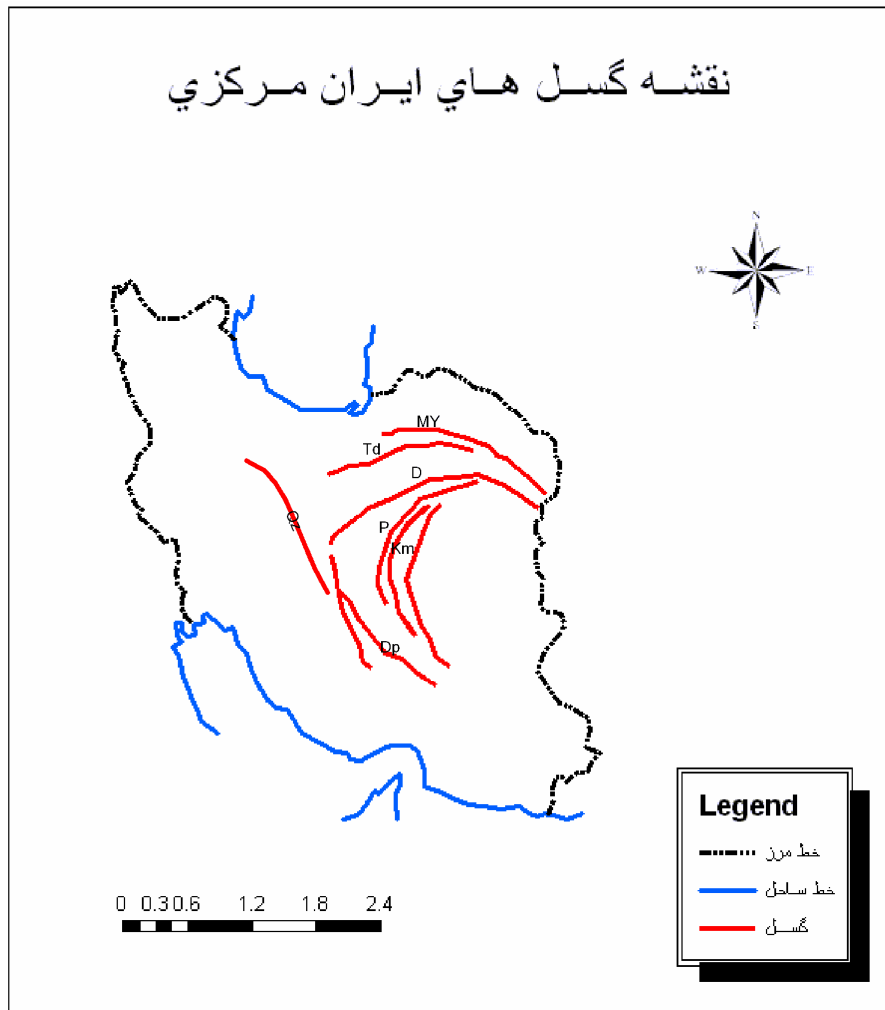
### ۱. مقدمه:

در ایران هنوز حرکات زمین ساخت به پایان نرسیده و از لحاظ تکتونیک، ایران یک منطقه فعال و متحرک است. زمین لرزه های شدید و همچنین بالآآمدگی رسوبات ایران مرکزی از شواهد این امر به شمار می آیند. سرزمین ایران از لحاظ تکتونیک صفحه ای در مرز همگرا بین دو صفحه اروپا و آفریقا و بر روی کمربند کوهزایی آلپ - هیمالیا قرار گرفته، به همین دلیل صفحات مختلفی از اطراف به طور مداوم بر صفحه ایران فشار وارد می کنند. حرکت صفحه هند با سرعت ۵.۴ سانتی متر در سال، فرورانش صفحه عربی به زیر زاگرس با سرعت ۲ سانتی متر در سال، جابجایی افقی صفحه اروپا نسبت به ایران با سرعت ۳.۷ سانتی متر در سال در جهت غرب، فرورانش صفحه دریای عمان به زیر ناحیه مکران با سرعت ۵ سانتی متر در سال و همچنین فشار صفحه خزر و بلوک توران در شمال و شمال شرق و بلوک هلمند در شرق از مهمترین عوامل فشارزا به صفحه ایران می باشند (جداری عیوضی، ۱۳۸۲، ۶ و ۷). این فشارهای مداوم یک سری شکستگی ها و گسل هایی را در ایران سبب شده که در اثر حرکات عمودی و افقی خود، نیز باعث ایجاد لندفرمها و اشکال ژئومورفولوژی خاصی در مقیاس محلی و منطقه ای گردیده است..

هنگامی که بر اثر دخالت نیروهای داخلی سنگهای پوسته زمین شکسته شده و قطعات مجاور آن نسبت به یکدیگر جابجا شوند، گسل به وجود می آید که این پدیده در هر نوع سنگی ممکن است اتفاق افتد (محمودی، ۱۳۸۲، ۳۵). به عبارت دیگر گسلها عبارت از شکستگی‌هایی هستند که در آنها، سنگهای طرفین صفحه شکستگی، به موازات این صفحه لغزش پیدا می‌کنند و به کمک همین مشخصه، می‌توان آنها را از درزها تشخیص داد. یعنی صفحات نسبت به هم دارای جابجایی عمودی و افقی می باشند. این جابجایی ممکن است از چند میلیمتر تا چندین کیلومتر تغییر کند (پور کرمانی و بخی پور، ۱۳۷۲، ۱۱۱). به طوری که علت گسل نامیدن شکستگی زاگرس، جابجایی عرضی (افقی) صفحات نسبت به یکدیگر می باشد. در بعضی موارد، یک گسل به صورت مجزا دیده می‌شود ولی در پاره‌ای حالات، چندین گسل موازی و نزدیک به هم مشاهده می‌شوند که منطقه گسلی نامیده را ایجاد می‌کنند. در طرفین گسل بخشی که بالا می‌رود، قطعه فرارو (فرازمین) و بخشی که پایین می‌افتد، قطعه فرورو (فروزمین) خوانده می‌شود (محمودی، ۱۳۸۲، ۳۵). گسلها با تقطیع زمین و طبقات رسوبی و با تغییر شکل عمومی آنها، سبب ایجاد برجستگی‌های هُورست مانند و فرورفتگی‌های گرابنی و همچنین باعث ایجاد ناهمواریها و چین خوردگی‌های محلی در مناطق تحت استیلای خود می‌شوند (زمردیان، ۱۱۴، ۱۳۸۳).

درویش زاده (۱۳۸۵) تعداد گسل‌های مهم ایران را ۳۰ عدد، و نبوی (۱۳۵۵) تعداد آنها را ۲۰ عدد معرفی کرده و ایران را از این لحاظ، به مناطق خاصی تقسیم نموده اند (نقشه شماره ۱). منطقه ایران مرکزی با دارا بودن ۹ گسل مهم، جزء مهمترین و متراکمترین مناطق گسلی ایران محسوب می‌گردد.

نقشه شماره ۱، نمایانگر گسل‌های مهم ایران مرکزی است. این گسلها عبارتند از: گسل درونه (D)، گسل آوج (AV)، گسل ترود (Td)، گسل قم - زفره (Q-Z)، گسل میامی (MY)، گسل پشت بادام (P)، گسل کلمرد (KM)، گسل دهشیر - بافت (D-b) و گسلهای منطقه تهران.



نقشه شماره ۱- گسل های مهم ایران مرکزی، اقتباس از نبوی (۱۳۵۵، ۶۸)

گسل ترود - انجیلو (Td) در شمال دشت کویر جزء گسله‌های فعال ایران مرکزی به حساب آمده که با دارا بودن حرکات متوالی سبب ایجاد اشکال و ناهمواریهای ویژه و فعال داشتن تکتونیک منطقه شده است. از جمله آثار فعالیت‌های این گسل می توان به زمین لرزه سال ۱۳۳۱ ترود و به دنبال آن تخریب و تهدید سازه های انسانی، هدایت آبهای زیر زمینی منطقه، ایجاد ناهمواریها و چین خوردگی های محلی، عامل اصلی افزایش ارتفاع دیواره چینها و دره های تکتونیک منطقه، افزایش ارتفاع گندهای نمکی، تسریع و تشدید

فعالیت های ماگماتیسیم منطقه، مرز محلی بین کوههای پراکنده شمال دشت کویر و زمینهای پست مجاور، جدا سازی افیولیت ملائزهای منطقه سبزوار از منطقه کویر بزرگ اشاره کرد. به طور کلی تکتونیک فعال این منطقه و پیامدهای خاص آن را می توان به وجود گسل تروُد نسبت داد.

منطقه مورد مطالعه با وسعت حدود ۲۰۰۰ کیلومتر مربع در شمال کویر بزرگ و در جنوب-جنوب شرق استان سمنان واقع شده است و محدوده ای بین طول های ۱۴° ۵۴ تا ۰۱° ۵۵ شرقی و عرض های ۱۲° ۳۵ تا ۳۸° ۳۵ شمالی را شامل می شود.

علیرغم وجود پدیده های بسیار جالب ژئومورفولوژیکی و همچنین وجود فعالیتهای تکتونیک، مطالعات انجام شده در زمینه ژئومورفولوژی منطقه تروُد محدود می باشد. مطالب موجود اغلب از نوع زمین شناسی بوده و شامل اطلاعات مفید و ارزنده ای در رابطه با تکتونیک، کانی شناسی، چینه شناسی و زمین شناسی عمومی منطقه است که از بین آنها می توان، به مطالعات اشتوکلین (۱۹۵۶)، هوشمند زاده (۱۳۵۷)، نبوی (۱۳۵۵)، درویش زاده (۱۳۸۵)، خسرو تهرانی (۱۳۷۷)، آقانباتی (۱۳۸۵) اشاره نمود که مجموعه مطالعات ایشان به صوت مطالب، گزارش و نقشه هایی در مورد وضعیت تکتونیک و زمین شناسی عمومی منطقه و همچنین ارزیابی فعالیتهای و جهت و نحوه حرکت گسل تروُد- انجیلو منتشر شده است. در مورد پیشینه ژئومورفولوژی منطقه تروُد، علایی طالقانی در سال ۱۳۸۴ از چین های محلی منطقه تروُد یاد کرده و آنها را جزء ناهمواریهای شمالی ایران مرکزی معرفی کرده است. زمردیان نیز در سال ۱۳۸۳ فعالیتهای ماگماتیسیم و چین خوردگی های منطقه را به وجود گسل فعال تروُد نسبت داده است.

## ۲. روش تحقیق:

این پژوهش سعی دارد تا با استفاده از روش تحلیلی - علی و توصیفی به بیان مطالبی درباره ویژگی ها و شواهد زمین ریخت شناسی و زمین شناسی گسل تروُد و منطقه تحت استیلاي آن پرداخته، از طریق مشاهده میدانی، مطالعه مطالب و نگاشته های پیشین، بررسی نقشه های ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰ توپوگرافی و زمین شناسی و مطالعه عکسهای هوایی منطقه به جمع آوری اطلاعات اقدام گردیده و در نهایت از شیوه های کیفی برای تجزیه و تحلیل مطالب استفاده شده است.

### ۳. بحث و بررسی:

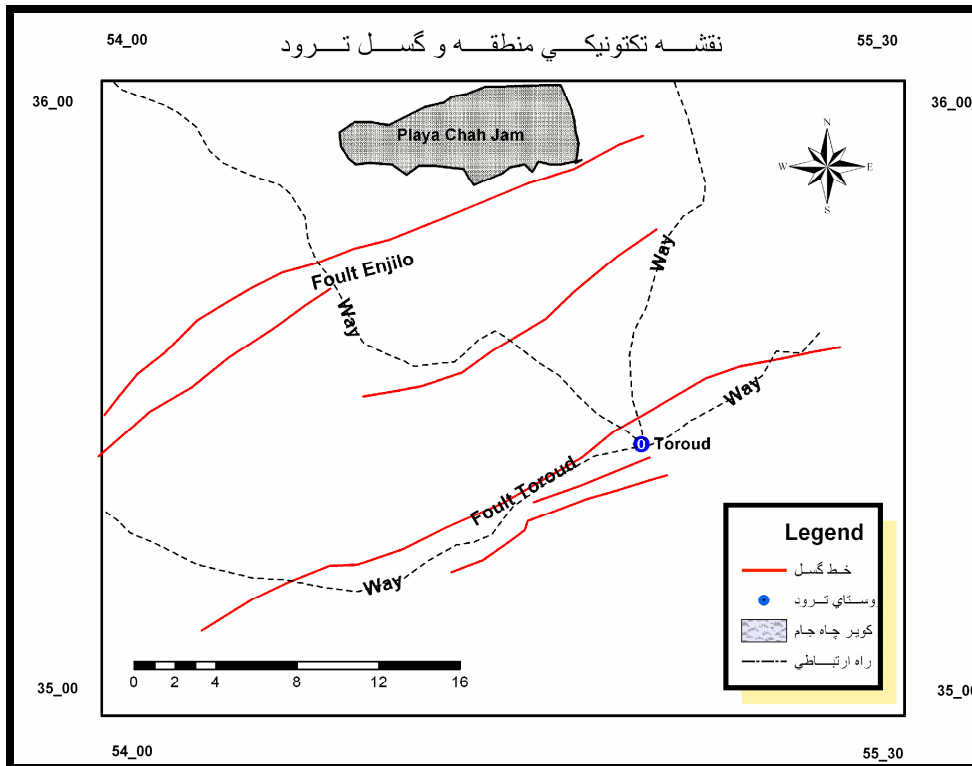
در شمال کویر بزرگ مجموعه ای از گسلها با روند شمال شرقی - جنوب غربی وجود دارد که زمین شناسان معتقدند کلیه تحولات این ناحیه در نتیجه حرکت این گسلها است. همچنین توپوگرافی فعلی کویر را به حرکت این گسلها و فرو نشست آنها مربوط می دانند (درویش زاده، ۱۳۸۵، ۹۷).

در شمال ترود یک دسته گسل اصلی بر ناحیه ترود - چاه شیرین اثر گذاشته اند. عمده ترین این گسلها، گسل ترود - انجیلو است که در شمال کویر نمک قرار دارد و دارای روند N- 60- 70 E است (نقشه شماره ۲) و شیبی نزدیک به ۸۰ درجه به سمت جنوب دارد (آقا نباتی، ۱۳۸۵، ۵۳۴) که با وجود دارا بودن چنین شیبی جزء گسلهای پر شیب محسوب می شود.

از آنجا که این گسل در زمانهای طولانی و بارها فعال بوده اند هم دارای حرکات عمودی و هم دارای حرکات افقی می باشند به طوری که در دیواره های این گسل یک جابجایی قائم در حدود ۶۴۰ سانتی متر (درویش زاده، ۱۳۸۵، ۹۷) قابل مشاهده است. با توجه به خراشهایی که بر روی صفحات گسلی دیده می شود، گسل مذکور دو جهت حرکت دارد. یکی افقی و چپگرد که قسمت جنوبی گسل را به طرف شرق حرکت داده و دیگری قائم که قسمت جنوبی را به طرف پایین برده است، روشن است که حرکات قائم مدیون فشارهای عمود بر امتداد گسل و حرکات چپگرد افقی مدیون نیروهای مماسی است (آقا نباتی، ۱۳۸۵، ۵۳۵). فعالیت گسل با توجه به روند کوهزایی کالدونین احتمالاً می تواند مربوط به آن باشد، ولی جنبش چپگرد آن در سیمترین پیشین مخرز است (خسرو تهرانی، ۱۳۷۷، ۲۱).

سازوکار گسل ترود راست لغز چپ گرد است. این گسل موجب دگرریختی شدید در منطقه شده و جزء گسله های قدیمی ایران است. و همچنین موجب تغییر رخساره های رسوبی زیادی در حدفاصل کویر تا سبزواری شده است. در زمان شکل گیری پوسته اقیانوسی سبزواری گسل ترود بصورت یک گسل نرمال فعال بوده و در واقع حاشیه قاره ای حوضه اقیانوسی سبزواری را تشکیل می دهد (پایگاه ملی داده های علوم زمین).

نقشه شماره ۲، بیانگر موقعیت تکتونیکی ناحیه ترود و خطوط اصلی گسل ترود - انجیلو در منطقه و تأثیر آن بر ناهمواریها می باشد.



نقشه شماره ۲- موقعیت تکتونیکی منطقه و گسل ترود - انجیلو، اقتباس از هوشمند زاده، ۱۳۵۷.

### ۳-۱. آثار و شواهد ژئومورفولوژی:

گسل ترود به عنوان یک سیمای ساختاری برجسته منطقه گسلی است که قدمت آن حتی به زمان پرکامبرین می رسد. این گسل امتداد لغز، تحت تأثیر رژیم های دگرشکلی مختلف ناحیه ای در طول زمان حرکات متفاوتی داشته است و لذا سبب واکنش های مختلفی در منطقه از جمله حوضه نئوژن در جنوب منطقه شده است. به موازات محور چین ستوه ترود دو گسل فشاری بزرگ با کنگلومرای پلیوکواترنر وجود دارد. تعدادی گسل عادی با آرایش هندسی عمود بر محور تاق نمای ترود - ستوه یا موازی آن وجود دارند و سبب پیدایش سیماهای زمین ریختی نظیر دره های عمیق با دیواره های تند شده اند.

عمق درّه های گسلی گاه به بیش از بیست متر میرسد در درّه های مزبور پادگانه های متعددی دیده میشود. دایک های آواری به ضخامت چند سانتیمتر در واحدهای مارنی و ماسه ای یکی از ساخت های مهم منطقه هستند. مواد آنها قطعات گوشه دار و کوچک ماسه و شیل است که سست و منفصل هستند و در هر جا که گسل های عادی طبقات را قطع کرده باشد در محل تلاقی، آینه گسلی مشاهده می شوند (خادمی و شهر یاری، بهمن ۱۳۸۵).

گسل ترود-انجیلو و هورست آتشفشانی ترود-چاه شیرین و در مقابل گرابن چاله دامغان در شمال گسل انجیلو و ناحیه فروافتاده ترود-ستوه در جنوب گسل ترود، مهمترین عارضه زمین شناسی و زمین ریخت شناسی منطقه شمال ترود می باشند. جهت این ناهمواریها به تبع جهت گسل ترود-انجیلو، دارای روند شمال شرقی - جنوب غربی و عمود بر جهت عمومی ناهمواریهای ایران (شمال غربی-جنوب شرقی) می باشد.

ناودیس ستوه - ترود بزرگترین ساختی است که در منطقه دیده می شود. طول این ساختار تقریباً ۴۵ کیلومتر و عرض آن به طور میانگین ۲۰ کیلومتر است. این چین نسبتاً متقارن و با سطح محوری تقریباً قائم است. محور آن میل مضاعف خفیفی به جنوب غرب و شمال شرق دارد. چینهای کوچکتر دیگری نیز در منطقه وجود دارند که در درون چین بزرگ اصلی قرار دارند که معمولاً نامتقارن هستند و روند عمومی آنها موازی چین اصلی منطقه و شمال شرقی - جنوب غربی می باشد. ابعاد آنها از چند ده سانتیمتر تا چند ده متر متغیر است چین خوردگی ناو نمای ستوه - ترود از روند عمومی ساختارها در منطقه ترود یعنی شمال شرقی - جنوب غربی تبعیت می کند. چین خوردگی موجود حاصل نیروهای تکتونیکی فشارشی پس از نئوژن است و کل منطقه ترود را در رژیم فشردگی تقریباً شمالی - جنوبی قرار داده است. پهلوی جنوبی این چین پرشیب تر از پهلوی شمالی آن است. این ویژگی یکی از نشانه های چین خوردگی به واسطه گسل های فشارشی می تواند باشد. نا گفته نماند که در ایجاد این چین خوردگی های محلی پدیده دیاپیریسیم نمکی نیز بی تأثیر نیست البته دیاپیریسیم منطقه خود نیز تا حد زیادی به تکتونیک فعال و گسل ترود وابسته می باشد.

بین گسل انجیلو- ترود، در اثر حرکت افقی و چپگرد آن، چین های شمال غربی - جنوب شرقی ایجاد شده که با تداوم حرکات، حالت مارپیچی به خود گرفته اند و در شمال



گسل انجیلو، درست به همین علت، چین‌ها به سمت شمال شرق تمایل دارند (نبوی، ۱۳۵۵، ۶۶). جابجایی افقی چپگرد گسل‌های منطقه تَرود نیز باعث چین خوردگی شدید رسوب‌های پیش از کرتاسه در حد بین دو گسل تَرود و انجیلو گشته است. همچنین توپوگرافی فعلی شمال دشت کویر معلول حرکت این گسل‌ها می‌باشد (زمردیان، ۱۳۸۳، ۱۲۰).

گسل‌های معکوس منطقه در اثر پیشرفت جبهه راندگی به سمت جنوب گسل تَرود به وجود آمده‌اند. اصولاً در نتیجه رشد گسل‌های جبهه‌ای اصلی (در اینجا گسل تَرود) کوه‌های کم‌ارتفاعی در فاصله اندکی از پیشانی کوه‌های اصلی ایجاد شده‌اند و در آنها آثار گسلش معکوس و چین خوردگی به وفور به چشم می‌خورد. این گسل‌ها دارای گرایش مضاعف به سمت جنوب شرق و شمال غرب هستند. احتمالاً گسل‌های عادی قدیمی بوده‌اند زیرا این حوضه رسوبی نئوژن قبلاً یک حوضه پیش‌ژرفا برای بال‌آمدگی (آپلیفت) تَرود بوده است و در آن گسل‌های عادی عمل می‌کرده‌اند. گسل‌های عادی منطقه دو دسته‌اند: آنهایی که موازی چین‌ها و گسل‌های فشارشی هستند و آنهایی که عمود یا مایل بر محور چین ستوه - تَرود می‌باشند. گسل‌های دسته اول هم می‌توانند در زمان تشکیل حوضه پیش‌ژرفا به وجود آیند و هم احتمال دارد در هنگام رشد راندگی‌ها به طرف جنوب نیز تشکیل شده باشند. در هر حال وجود گسل‌های عادی موازی گسل معکوس امری غیر معمول نیست گسل‌های عادی متقاطع چین‌ها نشانه کشیدگی در امتداد محور چین هستند. در چین ستوه - تَرود این کشیدگی در اثر میل مضاعف چین به شمال شرق و جنوب غرب ایجاد شده است (خادمی و شهریاری، بهمن ۱۳۸۵).

در دامنه جنوبی کوه‌های چاه موسی - چاه شیرین و در حاشیه دشت کویر یک ترادف رسوبی - آتشفشانی دیده می‌شود. لایه‌های زیرین این ردیف غیرمشخص است زیرا گسل تَرود موجب گردیده است که لایه‌های سبز در کنار سنگ آهک کرتاسه قرار گیرند (حاجیان، ۱۳۷۵).

در بسیاری موارد گسل‌ها باعث تشدید فعالیت‌های آتشفشانی و نفوذ گدازه‌ها به سطح زمین می‌شوند در واقع در امتداد برخی گسل‌ها بیرون زدگی خط ماگما صورت گرفته و شکستگی‌های گسلی راهی آسان و نفوذ پذیر برای خروج ماگما و آزاد سازی نیروهای مازاد زمین‌ساختی محسوب می‌گردند. در ۲۰ تا ۳۰ کیلومتری جنوب و جنوب

غرب ترود رگه ها و توده های نفوذی به صورت دایک، سیل، لاکولیت وجود دارد که احتمالاً می توان این برون زدگی مواد آتشفشانی را به فعال بودن زمین ساخت این منطقه به علت حرکات افقی چپگرد و قائم گسل ترود نسبت داد که باعث ایجاد لندفرمها و اشکال ژئومورفولوژی خاصی در منطقه شده است همان گونه که زمردیان (۱۳۸۳، ۱۱۹) عامل جابجایی گسل ترود-انجیلو را دلیل تشدید و تسریع ماگماتیسم در منطقه دانسته اند.

وجود گسلها در بین واحدهای بزرگ مورفوتکتونیک ایران و در نظر گرفتن آنها به عنوان مرز بین این واحدهای ژئومورفولوژی و زمین شناسی در مقیاس منطقه ای و همچنین مرز بین کوهستانها و زمین های پست اطراف در مقیاس محلی یکی از مهمترین آثار ژئومورفولوژی گسلها است (زمردیان، ۱۳۸۳، ۱۱۱). گسل ترود در واقع گسلی با روند شمال شرق - جنوب غرب است که در منقطه جنوب سبزوار باعث جدایی افیولیت ملانژهای سبزوار از زون کویر شده (پایگاه ملی داده های علوم زمین) و همچنین در مقیاس محلی به عنوان مرز بین رشته کوههای پراکنده حوضه شمالی دشت کویر با زمین های پست مجاور دشت کویر انطباق دارد. کوه چاموسی با ارتفاع ۲۲۹۰ متر در مغرب ترود از کوههای مرتفع رشته کوههای شمالی ایران مرکزی محسوب می گردد (علایی طالقانی، ۱۳۸۴، ۲۵۹) که گسل ترود را می توان به عنوان مرز بین این کوهها و دشت کویر و یا زمین های پست اطراف و همچنین گسل انجیلو را مرز بین کویر حاج علیقلی (چاه جام) و کوهستانهای جنوبی آن بیان کرد.

سیمای عمومی منطقه یا حداقل مکانی که در آن دهستان ترود واقع شده به گونه ای است که در حله اول سازندهای شور زمین شناسی و گنبد نمکی و سازند های آهکی توجه هر بیننده ای را به خود جلب می کند. عوامل ذکر شده مورفولوژی منطقه را به صورت یک منطقه کارستی با اشکال مختلفی از قبیل دولین، لاپیه و اون، نمایان ساخته است. توده های نمکی موجود در منطقه باعث ایجاد مسائل ویژه ای از قبیل آلودگی منابع آب زیر زمینی، آلودگی منابع خاک و نابود شدن ده ها هکتار از زمینهای کشاورزی در اثر تزریق نمک به لایه های سطحی و آبیاری با آب شوری که قبلاً به وسیله همین نمک شور شده، و همچنین تخریب و نابودی سازه های انسانی در اثر با لآمدگی نمک و خاصیت انحلالی آن شده است.

به طور کلی در باره گنبد‌های نمکی ایران عامل بالآمدگی در اثر اختلاف چگالی و نیروهای زمین ساختی به طور مشترک به عنوان دلیل اصلی بالآمدگی آنها ذکر شده است (علایی طالقانی، ۱۳۸۴، ۵۵ تا ۵۷ - زمردیان، ۱۳۸۳، ۱۸۸ تا ۱۹۴ - جداری عیوضی، ۱۳۸۳، ۵۶). این مورد، به دلایل زیر، درباره گنبد نمکی ترود نیز صادق است: عدم کاهش ارتفاع گنبد علی رغم وجود مقدار بارنگی که در صورت نبود عامل تکتونیک می تواند بر بالآمدگی نمک در اثر اختلاف چگالی غلبه کند. با در نظر گرفتن بارش سالانه ۵ میلیمتر در کویر و محاسبه میزان فرسایش آن، برای دیپیرهای ناحیه کویر بزرگ سالانه ۱۲/۵ میلیمتر تا ۱۰ میلیمتر فرازگیری پیش بینی کرده اند (خادمی و شهریاری، بهمن ۱۳۸۵). با این وجود در صورت عدم وجود نیروهای تکتونیک، میزان ریزشهای جوئی متوسط ۸۰ میلیمتر در سال (میانگین بارندگی سالیانه ترود)، می توانست بر بالآمدگی نمک تنها به وسیله اختلاف چگالی غلبه کند در صورتی که بدین گونه نیست و میزان بالآمدگی آن بیش از این مقدار می باشد در نتیجه می توان فهمید که با در نظر گرفتن میزان افزایش ارتفاع گنبد نمکی ترود علاوه بر اختلاف چگالی، عامل تکتونیک و نیروهای زمین ساخت موجود در منطقه یک دلیل مهم جهت بالآمدگی این گنبد نمکی می باشد. یکی از مهمترین عوامل زمین ساخت فعال در منطقه، گسل ترود است به طوری گسل فعالیت های این گسل باعث افزایش ارتفاع گنبد نمکی (در صورت وجود بارندگی کافی) شده و این گنبد‌های نمکی نیروی زمین ساختی جهت بالا آمدن خود را از گسل ترود دریافت می کند.

وجود درّه های عمیق با دیواره های پرشیب و کم عرض در قسمت شمال شرق و جنوب و جنوب غرب منطقه را می توان از نشانه های تکتونیک فعال منطقه نام برد. در منطقه ذکر شده، درّه هایی U شکل با دیواره های پر شیب و قائم و با میانگین ارتفاعی بیش از ۶.۵ متر و طول خطی کمتر از ۲ کیلومتر وجود دارد (درّه هایی شبیه درّه های گالی موجود در ایران مرکزی) که با توجه به کویری بودن منطقه و عدم وجود بارندگی کافی جهت ایجاد چنین درّه هایی می توان مهمترین عامل ایجاد آنها را مرتفع شدن دیواره آنها در اثر فعالیت‌های گسل ترود بر شمرده که با توجه به ویژگی های منحصر به فرد این منطقه، نمی توان ایجاد آنها را به عملکرد آبهای جاری نسبت داد به طوری که جهت ایجاد چنین درّه هایی به مقدار ریزشهای جوئی چندین ده برابر مقدار بارندگی فعلی

(متوسط سالیانه ۸۰ میلیمتر) لازم است. علت وجود این درّه ها در منطقه را می توان بدین گونه تشریح کرد که در ابتدا این درّه ها آبراهه های کوچکی بوده اند که به وسیله جاری شدن ریزشهای جوّی به وجود آمده و سپس با گذشت زمان در اثر فعال بودن تکتونیک منطقه به دلیل وجود گسل ترود ارتفاع پیدا کرده اند که تأثیر سیلابهای موقتی و کوچک منطقه در تشکیل این درّه ها را می توان به عنوان یک عامل فرعی و ثانویه در نظر گرفت. همان طور که قبلاً ذکر شد میزان جابجایی قائم و عمودی گسل ترود را درویش زاده (۱۳۸۵، ۹۷) حدود ۶.۴ متر ذکر کرده که این با ارتفاع دیواره های درّه ها که به طور میانگین ۶.۵ متر می باشد، در اکثر مناطق مطابقت می کند. البته این میزان بالآآمدگی لبّه درّه ها را هم می توان به فعالیت های گنبد نمکی منطقه نیز نسبت داد. در مطالب قبلی نیز ذکر شد که عامل اصلی بالآآمدگی این گنبد نمکی خود به تکتونیک فعال منطقه در اثر فعالیت گسل ترود بستگی دارد. در نتیجه می توان عامل اصلی ایجاد چنین درّه هایی را در منطقه ترود عامل تکتونیک فعال و فعالیت گسل ترود نام برد و یا در برخی نواحی وجود این درّه ها را به دوره های سرد و مرطوب دوران چهارم نسبت داد.

از نمونه های بارز اشکال و لندفرمهای موجود در منطقه می توان به کلوت های شمال شرق، جنوب و جنوب غرب ترود اشاره کرد. به طور کلی کلوتها از اشکال فرسایش کاوشی باد در مناطق خشک محسوب می شوند با این وجود کلوتهای ایران را نتیجه مشترک فرسایش کاوشی آب و باد می دانند (محمودی، ۱۳۸۳، ۲۴۷ تا ۲۴۹). بادهای غالب ترود اغلب از نوع بادهای محلی به شمار می روند جهت این بادهای به علت ویژگی های محلی و روند خاص چین خوردگی ها اغلب به صورت شمال شرقی - جنوب غربی و یا شرقی - غربی می باشد این بادهای سبب ایجاد ناهمواریهای ویژه ی بادی مانند دشتهای ریگی، پیکانهای ماسه ای، کلوتها، چاله های بادی، نیکاهای محلی، رپیل مارک یا چین و شکن های بادی و حمل ماسه بادی در منطقه شده است. کلوتهای موجود در ترود با جهت شمالی - جنوبی و شمال غرب - جنوب شرق از ناهمواریهای بارز منطقه می باشند. در مورد مکانیسم تشکیل کلوتهای ترود، نمی توان تنها آنها را با فرسایش آبی- بادی مرتبط دانست زیرا:

**حالت اول:** در اکثر موارد جهت کلوتهای ایجاد شده توسط فرسایش بادی با جهت باد های غالب منطقه انطباق دارد و جهت باد و کلوتها در یک امتداد می باشند حال اینکه در

مورد کلوتهای تروُد این مورد صادق نمی باشد و جهت کلوتهای درست عمود بر جهت وزش باد می باشد. پس نمی توان این کلوتهای را تنها به عمل فرسایش کاوشی باد نسبت داد.

**حالت دوم:** در صورتی که اگر آنها را نتیجه مشترک دو عامل باد و آب در نظر بگیریم دو مسئله پیش می آید یکی اینکه برای ایجاد این کلوتهای در اثر عمل فرسایش آبی به مقدار ریزشهای جوئی چندین ده برابر مقدار فعلی (متوسط بارندگی سالانه ۸۰ میلیمتر) لازم می باشد و دیگری اینکه همان طور که در مورد قبلی ذکر شد جهت کلوتهای موجود، در جهت عمود بر جهت وزش باد می باشد و با جهت بادهای محلی منطقه مطابقت ندارد.

**حالت سوم:** تا حدودی می توان مکانیسم ایجاد آنها را به عامل تکتونیک فعال منطقه (در اثر فعال بودن گسل تروُد) نسبت داد که با گذشت زمان و جابجایی مداوم و قائم گسل، آبراهه ها و مسیل های که توانسته بودند خود را تثبیت کنند، ارتفاع پیدا کرده و با داشتن دیواره های مرتفعی که بعداً در اثر فرسایش بادی متحول شده اند، چنین کلوتهایی را در منطقه سبب شده اند. البته حالت دیگری نیز وجود دارد و آن اینکه این کلوتهای را به صورت دریا بارهایی در نظر گرفت که در گذشته در اثر فرسایش دریایی دریاچه ایران مرکزی (کویر بزرگ) در نظر گرفت و یا اینکه برای تشریح این عمل به نظریه کاتاستروفیسم متوسل شویم. به طور کلی می توان عامل ایجاد آنها را مشترکاً به سه عامل زمین ساخت فعال منطقه (عامل اولیه) و عامل باد و آب (عوامل ثانویه) نسبت داد. کج شدگی کنگلومرای پلیوکواترنر که می توان عامل اصلی آن را فعال بودن گسل تروُد در منطقه بر شمرد (خادمی و شهریاری، ۳۰ بهمن ۱۳۸۵).

### ۳-۲. ویژگی های لرزه زایی گسل تروُد:

آن دسته از گسل هایی که در امتداد آنها طی پلیستوسن و عهد حاضر (از دو میلیون سال قبل تا کنون) آثار و نشانه هایی از جابجایی مشاهده شده، جزء گسل های فعال به شمار آمده و در تعیین زلزله خیزی ناحیه یا نواحی مجاور حائز اهمیت می باشند (زمردیان، ۱۳۸۳، ۱۱۰). بر اساس زمین لرزه های که در ۱۲ فوریه سال ۱۹۵۳ (۱۳۳۱ ه. ش) با بزرگی ۶.۵ ریشتر (اهلرز، ۱۳۷۲، ۱۲۰) می توان نتیجه گرفت که گسل مربوطه یک گسل فعال بوده و ممکن است در حال و آینده حرکاتی نیز داشته باشد. امکان جابجایی و لرزه خیزی و به دنبال آن تخریب و تهدید ساخت و سازهای انسانی از مهمترین ویژگی های گسلهای

فعال می باشد همان طور که قبلاً ذکر شد گسلها، شکستگی هایی محسوب می شوند که دو پهلوئی شکسته شده طبقات نسبت به یکدیگر دارای جابجایی عمودی (قائم) و جانبی (افقی) می باشند. در امتداد گسلها درزها و شکستگی هایی وجود دارد که با اعماق زمین در ارتباط هستند این شکستگی ها راه خروجی بسیار مناسبی برای آزاد سازی نیروهای تکتونیکی موجود در اعماق زمین محسوب می شوند. این نیروها هنگام خروج از منافذ و شکستگی های گسلی سبب ایجاد حرکاتی در امتداد گسلها شده و زمین لرزهایی را باعث می شوند. گلسهای سراسری ایران و فعال بودن آنها یکی از مهمترین عوامل لرزه خیزی در ایران به شمار می آیند البته موقعیت زمین ساختی و تکتونیک جُنبان ایران تا حد زیادی در این امر نیز دخیل می باشد. با توجه به ویژگی های ذکر شده در مطالب قبل می توان بیان کرد که گسل ترود یک گسل فعال، راست لغز چپگرد، با شیب ۸۰ درجه یک گسل پر شیب و نزدیک به عمودی و دارای جابجایی های جانبی و قائم (حدود ۶.۴ متر) بوده و زمین لرزه های متعددی را در طول دوران گذشته سبب شده است. در اثر این زمین لرزه، در حدود ۹۰ درصد از سازه های انسانی و ۸۰ درصد از نیروی انسانی منطقه ترود به کلی نابود شده و از بین رفتند. از جمعیت ۱۵۰۰ نفری روستای ترود در سال ۱۳۳۱، تعداد ۹۷۲ نفر زیر آوار ماندند و مردند و تعداد ۵۰ نفر هم سالم ماندند و بقیه مجروح شده بودند (پرویز رجبی، ۱۳۸۳، ۳۷). در بسیاری از منابع موجود عامل اصلی زمین لرزه را حرکات راست لغز چپ گرد گسل برشمرده اند. ویژگی چپ گرد بودن گسل ترود خود دلیلی بر لرزه خیزی و فعال بودن آن می باشد همچنان که پس لرزه های اخیر در سال ۱۳۸۴-۱۳۸۵ و همچنین شکاف برداشتن و شکستگی های انفصالی ایجاد شده در سازه های انسانی که با گذشت زمان توسعه پیدا می کنند، خود دلیلی بر فعالیتهای گسل ترود و فعال بودن تکتونیک منطقه می باشد. این گسل همچنان که در گذشته باعث ایجاد زمین لرزه های شدید در منطقه شده، در حال و آینده نیز احتمال وقوع چنین زمین لرزه هایی در اثر وجود گسل ترود و فعال بودن آن امکان دارد که در صورت عدم رعایت استاندارد های بین المللی در زمینه ساخت و ساز های انسانی، جان و مال انسان های ساکن در منطقه را تهدید کرده و به عنوان یک مخاطره طبیعی برای منطقه و نیروی انسانی آن، مسئله ساز می باشد.

### ۳-۳. بررسی جریان آب منطقه ترود:

گسل های ایران نقش مهمی در کنترل، هدایت، انتقال، خروج و ذخیره سازی منابع آب در ایران ایفا می کنند. یکی از مهمترین عوامل خروج آب از مرزهای ایران در غرب و جنوب غرب کشور گسلهای موجود در منطقه می باشند گسلها با ایجاد تنگ ها (کلوز) در منطقه زاگرس مسیر رودها را از روند شمال غربی - جنوب شرقی به روند شمال شرقی - جنوب غربی تغییر جهت داده و سبب کاهش طول مسیر رود و خروج آن از مرزهای غربی کشور می شوند. در مورد گسل های منطقه شمال، عکس این مورد صادق است در این منطقه این گسلها روند رودها را از شمالی - جنوبی به روند شرقی - غربی تغییر جهت داده و باعث افزایش طول مسیر رودها می شوند. نقش گسلهای ایران مرکزی در مورد منابع آب کنترل جهت و انتقال آبهای زیر زمینی، به صورت منطقه ای و محلی می باشد به گونه ای که عامل اصلی ایجاد شهر "بم"، وجود گسل بم و انتقال آبهای زیر زمینی توسط گسل به این منطقه می باشد (رامشت، ۱۳۷۱). در مورد گسل ترود نیز این ویژگی می تواند صادق باشد زیرا عدم کاهش مقدار دبی آب رشته قنات دهستان ترود (۱۲۰ لیتر در ثانیه) با گذشت سالیان متمادی و با در نظر گرفتن اینکه رشته قنات های موجود در اطراف آن، یا نیمه خشک و یا به طور کلی خشک شده و اینکه عواملی مثل خشکسالی و یا ترسالی هیچ تأثیری بر مقدار دبی آب قنات ترود ندارد. بر طبق نقشه های موجود از گسل و منطقه ترود می توان مشاهده نمود که دو مادرچاه اصلی این رشته قنات دقیقاً بر روی گسل ترود واقع شده اند. همچنین افزایش سطح آبهای زیرزمینی در منطقه ترود را می توان تا حدودی به گسل نسبت داد. در منطقه ای که روستای ترود واقع شده سطح آبهای زیر زمینی نزدیک به سطح زمین می باشد به گونه ای که با کندن یک چاه و گودالی به عمق ۲ تا ۳ متر با مقدار آب فراوانی روبرو خواهیم شد که متأسفانه به علت وجود نمک و سازندهای زمین شناسی شور، این منابع آبی بی کیفیت و غیر قابل استفاده در مصارف گوناگون می باشند. البته بالا بودن سطح آب زیرزمینی در این منطقه را به عوامل دیگری از قبیل وجود مقدار آب فراوان رشته قنات ترود در بالادست که خود تا حد زیادی به وجود این گسل بستگی دارد و همچنین واقع شدن منطقه در حاشیه دشت کویر، نیز نسبت داد. ولی وجود گسل ترود و انتقال آبهای زیرزمینی توسط آن به این منطقه را می توان به عنوان مهمترین عامل بر شمرد زیرا مکانهایی در امتداد گسل نیز مشاهده

شده که علیرغم نبود دو عامل ذکر شده در مطالب فوق (وجود آب رشته قنات ترود در بالادست و واقع شدن در حاشیه دشت کویر) باز هم سطح آبهای زیر زمینی بالا می باشد که می توان آن را به عامل وجود گسل ترود و انتقال و هدایت آبهای زیرزمینی توسط آن به این منطقه نسبت داد.

#### ۴. نتیجه گیری:

سرزمین ایران از لحاظ تکتونیک یک منطقه فعال و متحرک می باشد. زلزله های اتفاق افتاده در گذشته و حال، از شواهد این فعالیتها به شمار می روند. گسل ترود که از گسلهای مهم ایران مرکزی است، نیز یک گسل فعال بوده، و از نشانه ها و آثار و پیامد های ناشی از آن می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- دارا بودن حرکات راست لغز چپ گرد به صورت افقی و حرکات بالارونده در جهت قائم.

۲- فعال بودن منطقه ترود از لحاظ تکتونیکی که عامل اصلی آن فعالیتهای گسل ترود می باشد.

۳- زلزله ۱۲ فوریه ۱۹۵۳ به بزرگی ۶.۵ ریشتر و همچنین لرزه های خفیف سال های ۱۳۸۴-۱۳۸۵ و به دنبال آن تخریب و تهدید سازه های انسانی، کج شدن، ترک خوردن و شکاف برداشتن دیواره ساختمانها و در بعضی موارد فروریختن آنها.

۴- افزایش ارتفاع مداوم و متوالی دیواره شمالی گسل (قسمت فرارو و یا هورست) با وجود اینکه این جابجایی به صورت مداوم، به علت فعال بودن گسل در حال افزایش است.

۵- افزایش ارتفاع توده های نمکی منطقه با وجود مقدار ریزش های جوی کافی جهت غلبه بر بالآمدگی نمک توسط اختلاف چگالی نمک با رسوبات مجاور و فوقانی.

۶- افزایش ارتفاع ناهمواریهای محلی ایجاد شده توسط گسل ترود و همچنین افزایش ارتفاع دیواره دره های شبیه به گالی موجود در منطقه، که این مقدار ارتفاع با جابجایی قائم گسل ترود در اکثر ناحیه مطابقت و همانگی دارد.

۷- هدایت و انتقال آبهای زیرزمینی اطراف به منطقه ترود.



۸- کج شدگی کنگلومرای پلیوکواترنر و ترادف رسوبی - آتشفشانی لایه های سبز کوه های چاه شیرین - ترود با سنگ آهک کرتاسه.

در نهایت می توان گفت گسل ترود یک گسل فعال زلزله زا می باشد که در طی تاریخ و زمانهای نه چندان دور با قدرت نمایی های خود، در عرصه منطقه ای و محلی سبب بروز تنشها و مصیبت هایی نیز شده است. با در نظر گرفتن زمین لرزه ۶.۵ ریشتری سال ۱۳۳۱ و همچنین لرزه های خفیفی که همه ساله در منطقه بروز می کند، می توان نتیجه گرفت که با وجود چنین تکتونیک و گسل فعالی، احتمال وقوع زمین لرزه های شدید و ویرانگر در حال و آینده نیز وجود دارد که در صورت عدم رعایت استانداردهای بین المللی در امر ایجاد سکونتگاهها در منطقه در راستای سیاستهای جلوگیری از تخلیه سکونتگاههای روستای و نگه داشتن جمعیت در مناطق خالی از سکنه به هر نحوی که شده، می تواند به عنوان یک مخاطره طبیعی برای منطقه به شمار آید.

## ۵. منابع

- ۱) آقاباتی، سید علی، ۱۳۸۵: زمین شناسی ایران، چاپ دوم، تهران، وزارت صنایع معادن سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- ۲) اهلرز، اکارت، ۱۳۷۲: مبانی یک کشور شناسی جغرافیایی، جلد اول، چاپ دوم، مترجم: رهنمایی، محمد تقی، تهران، انتشارات مؤسسه جغرافیایی و کارتوگرافی سحاب.
- ۳) پایگاه ملی داده های علوم زمین ([www.ngdir.ir](http://www.ngdir.ir)).
- ۴) پور کرمانی، محسن؛ بخی پور، احمد، ۱۳۷۲: زمین شناسی ساختمانی، چاپ اول، تهران، انتشارات علوی.
- ۵) جداری عیوضی، جمشید، ۱۳۸۳: ژئومورفولوژی ایران، چاپ هفتم، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۶) حاجیان، جواد، ۱۳۷۵: زمین شناسی ایران پالتوسن - ائوسن در ایران، چاپ اول، تهران، سازمان زمین شناسی کشور.
- ۷) خادمی، محسن؛ شهریار، سهراب، ۳۰ بهمن ۱۳۸۵: سبک دگرشکلی در جنوب گسل ترود، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین شناسی سازمان زمین شناسی کشور.
- ۸) خسرو تهرانی، خسرو، ۱۳۷۷: زمین شناسی ایران، چاپ سوم، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.

- ۹) خسرو تهرانی، خسرو، ۱۳۶۷: چینه شناسی ایران، چاپ اول، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۰) درویش زاده، علی، ۱۳۸۵: زمین شناسی ایران، چاپ دوم، تهران، انتشارات امیر کبیر.
- ۱۱) رامشت، محمد حسین، ۱۰ شهریور ۱۳۷۱: ویژگی های طبیعی زاگرس، کنفرانس بین المللی عشایر و توسعه، چهارمحال و بختیاری، دانشگاه شهرکرد.
- ۱۲) رجبی، پرویز، ۱۳۸۳: جندق و ترود دو بندر فراموش شده کویر بزرگ نمک، چاپ دوم، تهران، نشر پژواک کیوان.
- ۱۳) ریچارد چی، استانلی ای، شوم دیوید ای، سون، ۱۳۷۷: ژئومورفولوژی (زمین شناسی)، جلد دوم، چاپ اول، مترجم: معتمد، احمد، تهران، انتشارات سمت.
- ۱۴) زمردیان، محمد جعفر، ۱۳۸۳: ژئومورفولوژی ایران ۱، فرآیندهای ساختمانی و دینامیکهای درونی، جلد اول، چاپ دوم، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۱۵) علایی طالقانی، محمود، ۱۳۸۴: ژئومورفولوژی ایران، چاپ سوم، تهران، نشر قومس.
- ۱۶) کلود، آلگر، ۱۳۶۷: نا آرامیهای زمین (زلزله و آتشفشان)، ترجمه علی درویش زاده، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۷) محمودی، فرج الله، ۱۳۸۲: ژئومورفولوژی ساختمانی، چاپ ششم، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۱۸) محمودی، فرج الله، ۱۳۸۳: ژئومورفولوژی دینامیک، چاپ ششم، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۱۹) معیری، مسعود، ۱۳۸۷: زمین شناسی (جهت استفاده دانشجویان رشته جغرافیا)، چاپ پنجم، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان.
- ۲۰) مهی یر، برونو، ۱۳۷۸: پدیده های درونی زمین، ترجمه دکتر محمود علیمردانی، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی.
- ۲۱) نبوی، محمد حسن، ۱۳۵۵: دیباچه ای بر زمین شناسی ایران، تهران، وزارت صنایع و معادن سازمان زمین شناسی کشور.
- ۲۲) وزیري مقدم، ح؛ طاهری، ع؛ کیمیاگری، م، ۱۳۸۲: اصول چینه نگاری، اصفهان، انتشارات دانشگاه اصفهان.
- ۲۳) هوشمند زاده، عبدالرحیم؛ علوی نائینی، منصور؛ حقی پور، عبدالعظیم؛ ۱۳۵۷: زمین شناسی ناحیه ترود (از پره کامبرین تا عهد حاضر)، تهران، سازمان زمین شناسی کشور.
- 24) Monroe, Wiconder, Hazalett: 2007, Physical Geology, Thomson, Books, sixth edition, vsa.
- 25) Stoklin. J: 1956, Geological report on the Torud area.