شناسایی عملی ساختهای زمین‌شناسی در صحرا و نقشه (۲)

در بخش اول این نوشته لایه‌بندی و چین‌خوردگی را مورد بررسی قرار دادیم و با روشهای شناسایی عملی ساختهای متنوعی که این‌گونه ایجاد می‌شوند آشنا شدیم. در قسمت دوم و پایانی این مقاله، که هم‌اکنون از نظرتان می‌گذرد، به بررسی ساختهای حاصل از شکستگی در سنگ (گسل، درز، شکاف)، ناپیوستگیها، و ساختهای ناشی از عملکرد فرایندهای آذرین و دگرگونی می‌پردازیم و با روشهای عملی شناسایی آنها در صحرا آشنا می‌شویم.

حسین معماریان

۱) شکستگیها[1]

هرجا که نیروهای وارد شده بر سنگهای سازندهٔ پوستهٔ زمین بیش از تحمل آنها باشد می‌شکنند. همان‌گونه که می‌دانیم، در اعماق پوسته، به دلیل بالا بودن دما و فشارهای همه‌جانبه، سنگهای جامد رفتاری خمیری از خود نشان می‌دهند و اگر شرایط مهیا باشد، ممکن است چین‌بخورند. در مقابل، در نواحی نزدیک به سطح که سنگها سردترند حالتی ترد و شکننده به خود می‌گیرند و در اثر نیروهای وارد شده از هم گسیخته می‌شوند. نیروها و تنشهای وارد شده به سنگ در هر نقطه را می‌توان به سه مولفه عمود برهم بزرگتر (6_1)، متوسط (6_2)، و کوچکتر (6_3) تقسیم کرد. در طبیعت معمولاً یکی از این سه مولفه، که به دلیل وزن سنگها ایجاد می‌شود، قائم است و دو مولفهٔ دیگر معمولاً افقی است و در اثر نیروهای تکتونیکی، که در پوسته، زمین فعال‌اند، ایجاد می‌شوند.

در اثر شکسته شدن سنگها، در زمانی کوتاه، انرژی زیادی که در مدتی طولانی بتدریج در سنگ ذخیره شده است آزاد می‌شود. این انرژی به صورت امواجی به به آن امواج زمین‌لرزه می‌گوییم به اطراف حرکت می‌کند. پخش شدن نیروهای تکتونیکی و زمین‌لرزه‌ها را به فرصتی دیگر واگذار می‌کنیم.

شکستگیهایی که در سنگها ایجاد می‌شوند را می‌توان به سه گروه عمده: گسل، درز و شکاف تقسیم کرد. گسلها شکستگی‌هایی از شکستگیها هستند که سنگهای واقع در دو سوی آن نسبت به هم حرکت کرده‌اند. مقدار این جابجایی ممکن است از چند میلیمتر تا صدها متر باشد. اندازه و طول گسلها نیز بسیار متغیر و از چند سانتیمتر تا هزاران کیلومتر است. گسلها معمولاً با زاویه‌ای کمتر از ۴۵° نسبت به بزرگترین نیروی وارد بر سنگ ایجاد می‌شوند. از این‌روست که بررسی گسلها می‌تواند راهنمای مناسبی برای تعیین جهت نیروهایی که در زمان ایجاد گسل در منطقه فعال بوده‌اند باشد. باید توجه داشت که ایجاد یک گسل وابسته به مقدار بزرگترین نیروی وارد شده به سنگ نیست، بلکه آنچه بیش از همه در ایجاد گسل اهمیت دارد اختلاف بین بزرگترین و کوچکترین نیرو، یعنی (6_1-6_3)، است.

سطح گسل را، مانند سطح لایه، باشیب و امتداد مشخص می‌کنیم. بخشی از سنگها که در روی سطح گسل قرار می‌گیرند «فرادیواره[3]» و بخش زیرین آن «فرودیواره[4]» نامیده می‌شود. جابجایی در سطح گسلها ممکن است در امتداد شیب گسل، در امتداد افق، و یا ترکیبی از آن دو باشد. وقتی در صحرا با گسلی روبرو می‌شویم، بایستی سعی کنیم پی ببریم که جابجایی گسل در اثر حرکت فرادیواره، فرودیواره، و یا هردوی آنها ایجاد شده است.

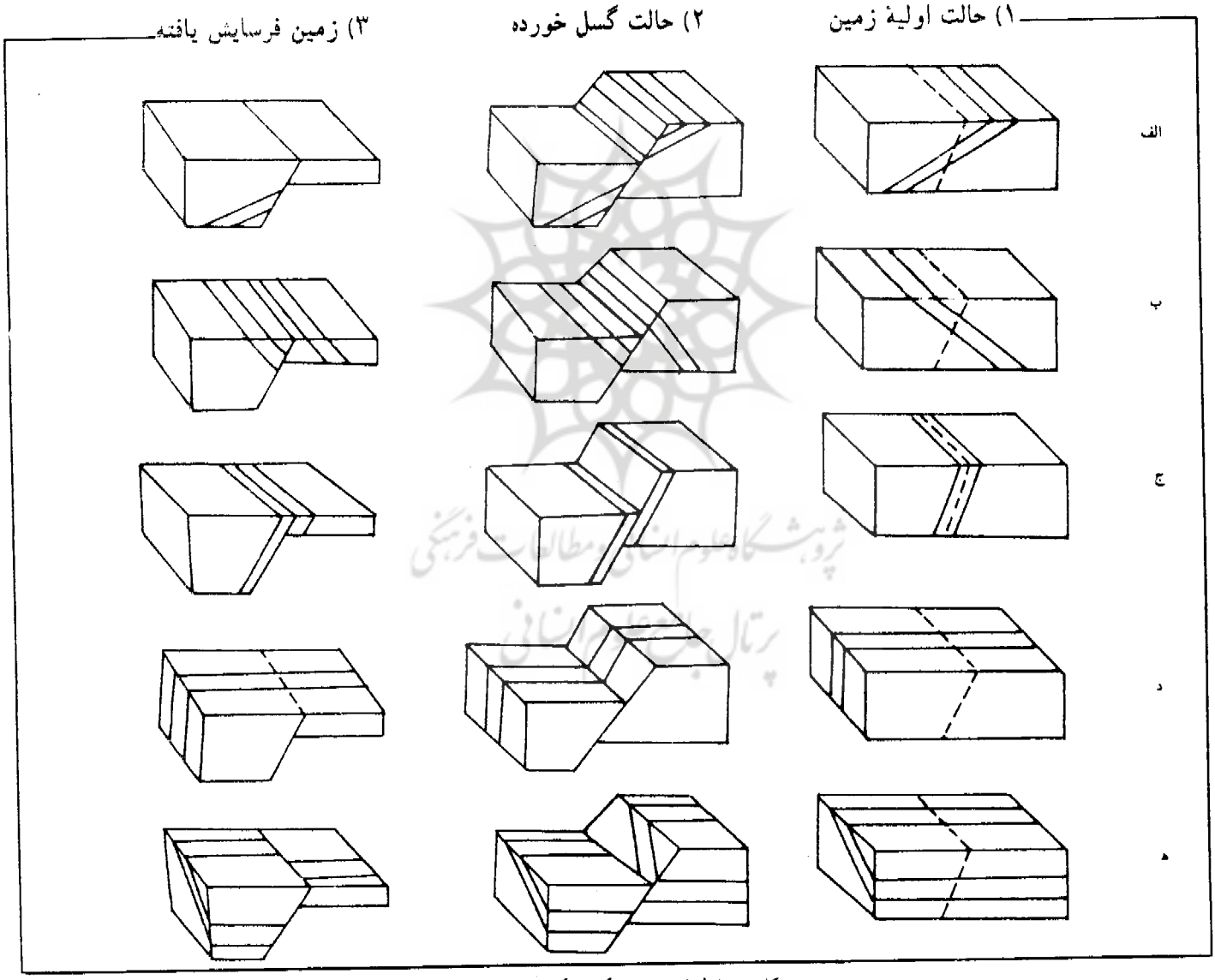
گسلها را بر مبنای جهتهایی نیروهای ایجادکننده‌شان به سه گروه عمده تقسیم و امتداد لغز تقسیم می‌کنیم. اگر بزرگترین نیروی وارد در منطقه (6_1) قائم باشد گسلهای ایجاد شده از شیب

زیادی برخوردار خواهد [illegible] به گسل عادی[3] معروف‌اند، در حضیض سطح گسل اتفاق می‌افتد.

گسلهای رانده[4] [illegible] با این تفاوت که شیب سطح گسل در آنها بسیار کند است. این گسلها زمانی ایجاد می‌شوند که کوتاهگردن (نک به [illegible]) به طور تام گسترش یافته باشد. گروه سوم گسلهای امتداد لغز[5] [illegible] که در آنها بردار متوسط به طور قائم قرار گرفته و جابجایی‌شان در امتداد سطح افقی است. در جدول یک سه نوع گسل اصلی و برخی انواع دیگر گسل، که از ترکیب یا تکرار حالتهای اصلی فوق ایجاد می‌شوند، آورده شده است.

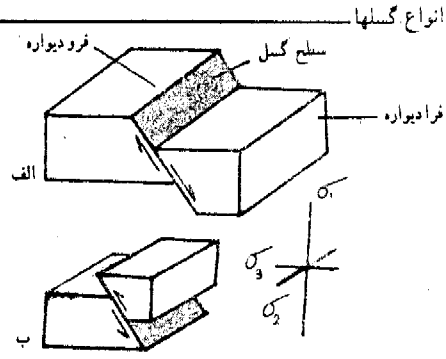
در سنگهای رسوبی، گسل خوردگی معمولاً جابجایی لایه‌ها را به همراه دارد. این جابجاییها اشکال متنوعی را در روی زمین، و به تبع آن درروی نقشه، به وجود می‌آورد. در گسلهای عادی، در صورتی که سطح گسل [illegible] یک سمت [illegible] روی هم سوار شده پس از [illegible] در روی [illegible] طبقات مشاهده می‌شود. در مقابل، [illegible] گسل مخالف شیب لایه‌ها باشد، لایه‌ها در سطح [illegible] اهند شد (شکل ۱/ب) . قاعدهٔ فوق در مورد گسلهای [illegible] عکس است. در شرایطی که سطح گسل به موازات سطح لایه‌بندی باشد، تغییری در سطح زمین ایجاد نشده در نتیجه نمی‌توانیم با استفاده از جابجایی لایه‌ها جهت حرکت گسل را تعیین کنیم. (شکل ۱/ج) .

در حالاتی که لایه‌بندی و سطح گسل از امتداد مشابهی برخوردار نیست، جابجایی در امتداد گسل اشکال بسیار متنوع و پیچیده‌ای را در سطح زمین به وجود می‌آورد به نحوی که گاه یک



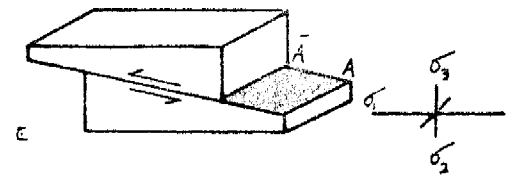
شکل ۱: رابطه لایه‌بندی با گسل (گسل عادی)
(الف) گمشدگی لایه‌ها، ب) تکرار لایه‌ها، (ج، د) گسلهای بدون جابجایی ظاهری، (ه) جابجایی افقی دروغین
گسل عادی گسل امتداد لغز گسل رانده (راس مثلثها به سمت فرادیواره) رسوبی

جدول یک. انواع گسلها

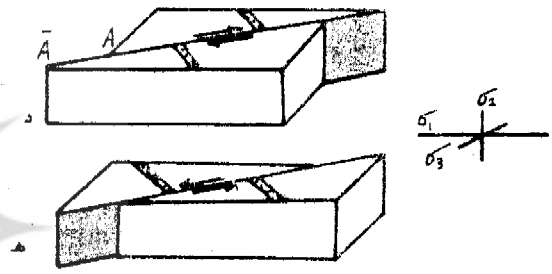


۱) **گسل عادی:** فراوانترین گسلهاست و در آن فرادیواره در امتداد شیب زیاد گسل (بین ۴۵ تا ۹۰ درجه) ظاهراً به سمت پایین حرکت کرده است.(الف)

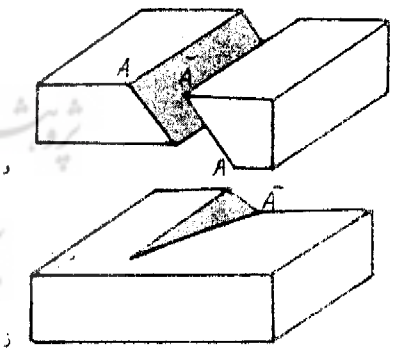
گسل معکوس[۸] به نوعی گسل عادی اطلاق می‌شود که فرادیواره آن نسبت به فرودیواره ظاهراً به سمت بالا حرکت کرده است (ب)



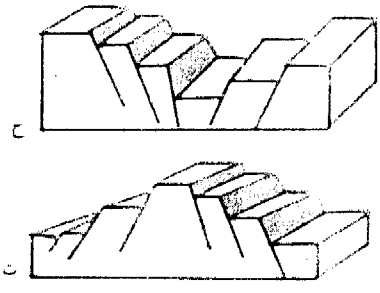
۲) **گسل رانده:** به فراوانی انواع دیگر گسلها نیست. در این جا فرادیواره در امتداد شیب کم گسل (کمتر از ۴۵ درجه) به سمت بالا و جلو می‌لغزد (ج). این جابجایی گاه به کیلومترها می‌رسد. گسلهای رانده اغلب در سنگهای رسوبی و بیشتر در امتداد لایه‌بندی ایجاد می‌شوند.



۳) **گسل امتداد لغز:** در این نوع گسل جابجایی به موازات امتداد گسل (سطح افق) صورت می‌گیرد. این گسلها را می‌توان از روی جهت جابجایی به دو گروه تقسیم کرد. در صورتی که در یک طرف خط گسل بایستیم و به طرف دیگر نگاه کنیم، اگر حرکت گسل، و در نتیجه جابجایی لایه‌ها، به سمت دست راست ما باشد گسل از نوع **راستگرد**[۹] (د) و در صورتی که به سمت چپ باشد، گسل از نوع **چپگرد**[۱۰] خواهد بود.(هـ)



حرکت و جابجایی یک گسل ممکن است ترکیبی از انواع فوق باشد. شکل (و) ترکیبی از گسل عادی و امتداد لغز است. شکل (ز) یک نوع گسل چرخشی است که مقدار جابجایی در همه بخشهای آن یکسان نیست.



نیروهایی که باعث شکستن گسلها می‌شوند اغلب به جای یک جابجایی در گسل منفرد تعدادی گسل را به وجود می‌آورند. در نقاط دارای شکستگی و گسل زیاد گاه بخشهای بین دو یا چند گسل به سمت بالا حرکت داده شده ساختمانی به نام **هورست**[۱۱] به وجود می‌آورند (ط)، درحالی‌که بخشهای بین دو یا چند گسل پایین بیفتد گرابن[۱۲] ایجاد می‌شود (ح)

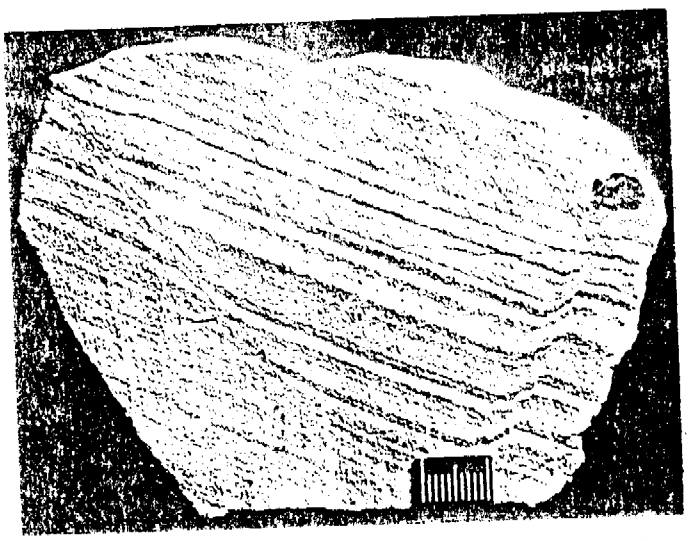
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جابجایی در امتداد سطح [illegible] امتداد [illegible] تظاهر می‌کند. [illegible] فرسایش، بخشی از لایه‌های [illegible] (شکل ۱/ه). در این گونه موارد [illegible] مشاهده و اندازه‌گیری می‌شود، حرکت [illegible] گسل است. برای پیدا کردن مقدار جابجایی واقعی گسل ـ [illegible] ـ می‌باید یک عارضه خطی، مانند خط حاصل از برخورد یک لایه با سطح یک لایه، یک تهٔ آذرین ستونی و یا [illegible] پیدا کرده، به این وسیله مقدار و جهت حقیقی جابجایی را به دست آوریم. در این گونه موارد، برای اینکه دقت اندازه‌گیریها بیشتر شود، می‌توان به جای یک نقطه از چند نقطهٔ کنترل، واقع در طرفین سطح گسل، استفاده کرد. در صورتی که گسل در چند دورهٔ متوالی فعال شده و بدفعات جابجاییهایی، آنهم با جهتیابی مختلف، در آن صورت گرفته باشد، تعیین تاریخچهٔ حرکت در چنین گسلی بسیار مشکل خواهد بود.

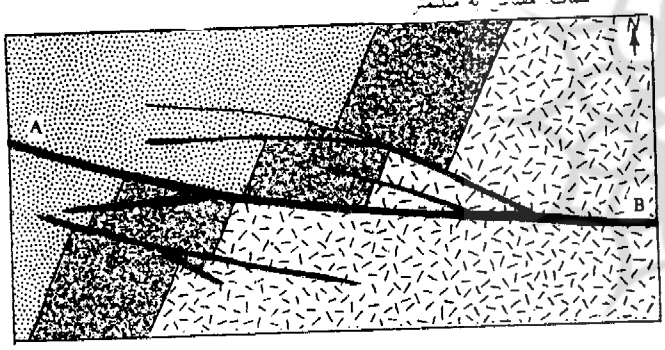
یکی از روشهای تعیین جهت حرکت گسل، و یا بهتر است بگوییم جهت آخرین حرکت گسل، بررسی اشکالی است که در اثر جابجایی در سطح گسل ایجاد می‌شود. سطح برخی از گسلها حالتی صاف و صیقلی پیدا می‌کند. این گونه سطوح که به **آئینهٔ گسل**[۱۳] معروف‌اند معمولاً حاوی شیارها و برآمدگیهایی هستند. امتداد این خطوط برجسته و فرورفته امتداد حرکت را نشان می‌دهد. باید اضافه کرد که ناهمواریهای موجود در آئینهٔ گسل تنها امتداد کلی حرکت را نشان می‌دهد نه سمت حرکت و مقدار جابجایی را. البته برخی از زمین‌شناسان ادعا می‌کنند که می‌توانند با دست کشیدن به روی سطح گسل، سمت حرکت آن را نیز تعیین کنند. به نظر این عده سطح گسل در جهت حرکت آن نرمتر و در خلاف آن زبرتر است (مانند حالتی که در قالی مشاهده می‌شود). نکته دیگر اینکه، توسط آئینهٔ گسل تنها می‌توانیم امتداد آخرین حرکت را در سطح گسل معلوم کنیم.

سطح گسل همواره به صورت صفحه‌ای صاف و مستوی نیست و ممکن است دارای تحدب یا تعقر باشد. در برخی موارد، سطح گسل حالتی مشخص ندارد و توسط منطقهٔ باریکی از سنگهای خرد شده، که **برش گسلی**[۱۴] نام دارد، شناخته می‌شود. پیشرفت خردشدگی سنگها، به علت جابجایی در امتداد گسل، گاه موادی نرم و پودر مانند رسی، یا شبیه به رس، به وجود می‌آورد. این مواد ممکن است به صورت سیمان برشهای گسلی نیز دیده شوند.

جابجایی در امتداد گسل اغلب باعث می‌شود که لایه‌ها، در محل تماس با سطح گسل، خم شوند. جهت خم شدگی لایه‌ها می‌تواند نشانه خوبی برای تعیین جهت حرکت گسل باشد (شکل ۲). در بسیاری موارد، تعدادی گسل فرعی [illegible] به همراه گسلی بزرگتر و اصلی ایجاد می‌شود (شکل ۳). برخی از نشانه‌هایی که برای شناسایی صحرایی گسلها مورد استفاده قرار می‌گیرد در جدول دو گردآوری شده است.



شکل ۲: خم شدگی لایه‌ها و مراحل آغازین ایجاد یک گسل (سمت راست) و یک گسل بسیار کوچک (سمت چپ) در یک نمونه ماسه سنگ مقیاس به میلیمتر

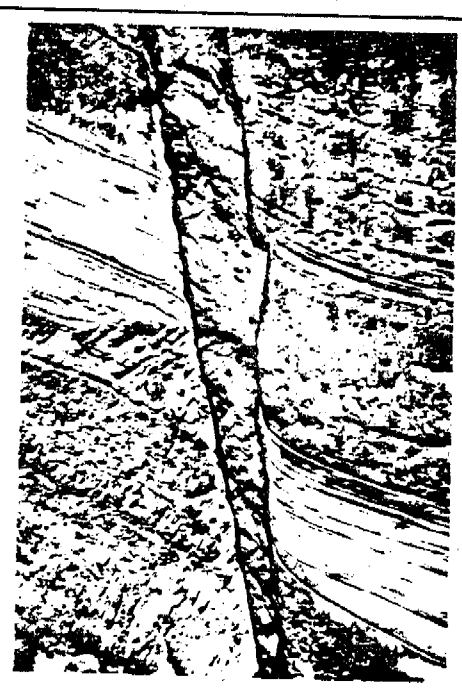


شکل ۳: نقشهٔ زمین شناسی یک لایهٔ زغالی که به علت گسل خوردگی جابجاییهایی در آن صورت گرفته است. AB گسل اصلی است و بقیه گسلهای فرعی‌اند.

گسلها، در مجاورت سطح زمین، اغلب شیبی قائم یا نزدیک به قائم دارند. رخنمون گسل (**خط گسل**[۱۵]) در چنین حالاتی، صرف نظر از وضعیت توپوگرافی، همواره به صورت خطی مستقیم است. چون گسل نیز، مانند لایه‌بندی، ساختی صفحه‌ای است، از این رو، گسلهای افقی رخنمونی به موازات خطوط ترازتوپوگرافی داشته و رخنمون گسلهای شیبدار از قانون V تبعیت می‌کند. شیب گسل همواره یکنواخت نبوده ممکن است در اعماق مختلف تغییر کند. علاوه بر آن، در نزدیکی سطح زمین نیز ممکن است در اثر عملکرد فرایندهای ثانوی تغییراتی در شیب گسل به وجود آید که از آن میان می‌توان لغزش و خزش زمین در دامنه‌ها را نام برد. با توجه به نکات فوق معلوم می‌شود

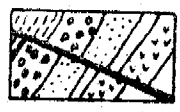
که همواره نمی‌توانیم شیب سطح گسل را با برداشت سطحی تعیین کنیم. هر جا که نیاز به آگاهی دقیق از شیب و وضعیت گسل، و یا هر ساخت زمین شناسی دیگر، داشته باشیم می‌باید دامنه بررسیها را به زیر زمین گسترش دهیم. در این گونه موارد با حفر گودالهای سطحی (چاهک و ترانشه)، گمانه و یا تونل، و یا انجام بررسیهای ژئوفیزیکی اطلاعات لازم به دست می‌آید.

گسلها، و به طور کلی همه انواع سطوح شکستگی، مسیرهای مناسبی را برای گذر آب، هوا و دیگر عوامل ایجاد می‌نمایند. از این رو، اغلب محدوده‌ای از سنگهای اطراف شکستگی هوازدگی بیشتری را متحمل شده استحکام اولیه خود را از دست می‌دهد. در مقابل، در برخی حالات دیگر رسوبگذاری ثانوی موادی مانند کلسیت و سیلیس در امتداد شکستگیها همه یا بخشی از استحکام سنگ را به آن باز می‌گرداند. بسیاری از رگه‌های معدنی که امروزه می‌شناسیم در اثر پُرشدگی ثانوی شکستگیها توسط مواد مذاب و یا سیالات حاوی مواد معدنی به وجود آمده‌اند.



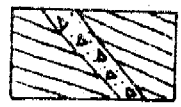
شکل ۴: رخنمون گسل در روی زمین

جدول دو: برخی از نشانه‌های شناسایی گسلها در صحرا

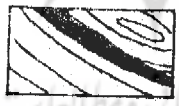


الف) قطع شدگی و جابجایی لایه‌ها، واحدهای سنگی و یا ساختهای زمین شناسی

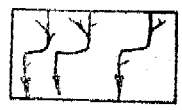
ب) تکرار یا حذف بخشی از واحدهای سنگی



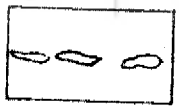
ج) خردشدگی خطی بخشی از سنگها (وجود برش گسلی)



د) وجود پرتگاههای تقریباً مستقیم در سطح زمین



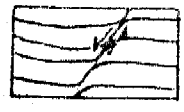
ه) جابجایی غیرطبیعی، و یا کوشه دار در مسیر دره‌ها و رودخانه‌ها و گاه ایجاد آبشارها و تغییر ناگهانی شیب در نیمرخ طولی رودخانه



و) امتداد خطی دریاچه‌ها، برکه‌ها، چشمه‌ها، و رطوبت زمین و تغییرات خطی در پوشش گیاهی

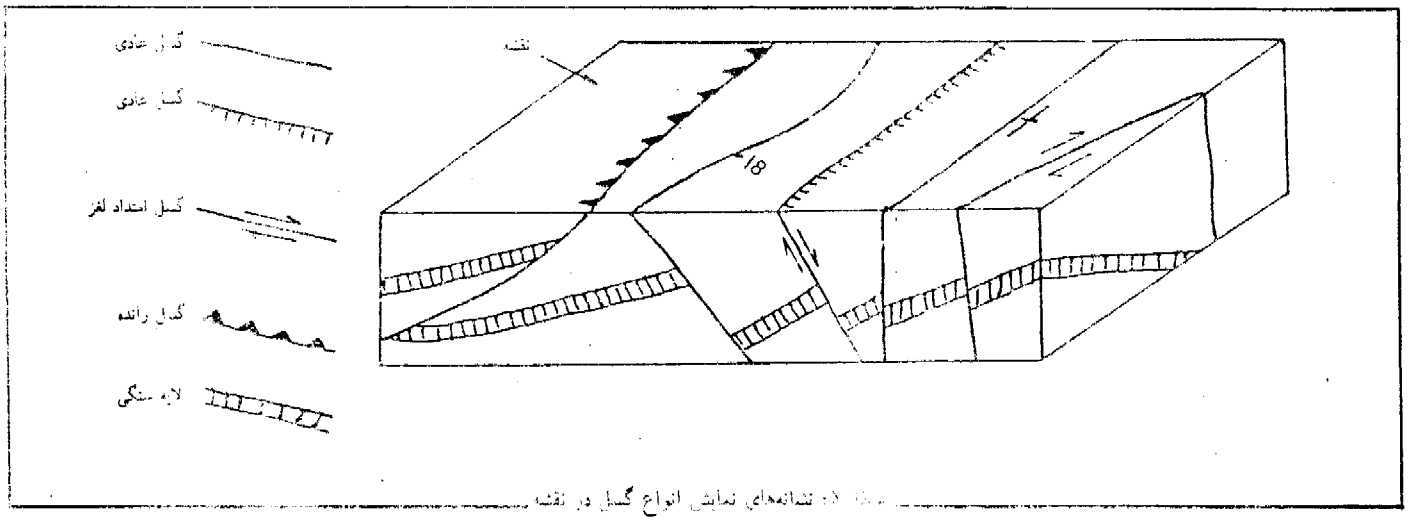
ز) هوازدگی، سیمان شدگی، دگرسانی، وتغییررنگ خطی سنگها

ح) وجود آینهٔ گسل و شیاهار و برآمدگیهای روی آن.



ط) خم شدگی و نازک شدگی لایه‌ها در امتداد یک سطح

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

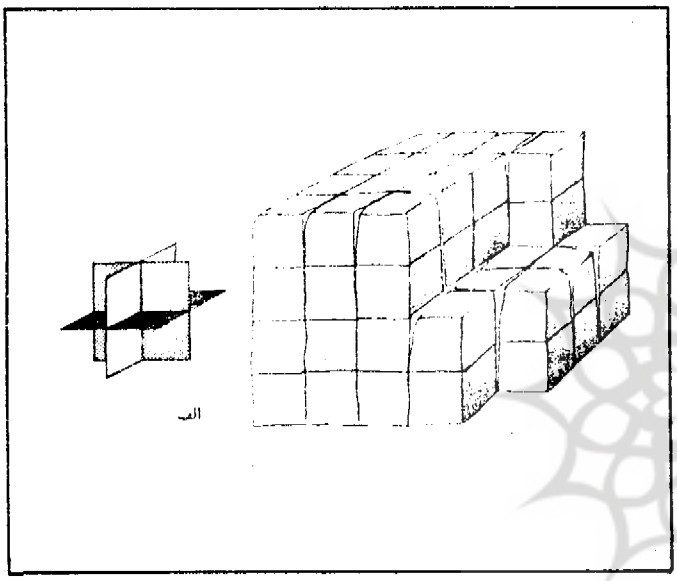


شکل ۵: نشانه‌های نمایش انواع گسل در نقشه

در روی نقشه، گسلها به صورت خطوطی که سه برابر خطوط همبری ضخامت دارند نشان داده می‌شود. برای بهتر نمایاندن گسلها معمولاً از خطوطی با رنگ متفاوت ــ معمولاً قرمز ــ استفاده می‌شود. گسلهای مشخص و شناخته شده را در روی نقشه با خطوط ممتد، و گسلهای مشکوک را با خط‌چین و علامت سؤال نمایش می‌دهند؛ در صورتی که مقدار و جهت شیب گسل معلوم باشد آنرا در کنار خط گسل یادداشت می‌کنند (شکل ۵).

دسته دیگری از شکستگیها، درزهاهستند. شاید بتوان درزها را ساده‌ترین و فراوانترین ساختهای تکنونیکی دانست. درزها گروهی از شکستگیها هستند که در امتداد آنها هیچ‌گونه جابجایی صورت نگرفته است. درزها معمولاً بسته‌اند ولی ممکن است در اثر هوازدگی و یا حل شدگی بخشی از دیواره‌شان باز شده و حالتی شکاف مانند به‌خود بگیرند. **درزها منظم یا نامنظم‌اند.**[16] درزها نامنظم را گاه ترک[17] هم می‌گویند. درزهای منظم معمولاً به صورت گروههای شکستگی موازی هم تظاهر می‌کنند. یک گروه درز موازی هم‌دسته درز[18] نامیده می‌شود. بر اثر نیروهای وارده به سنگ ممکن است دو یا چند دسته درز مجزا در آن درست شود. این‌گونه شکستگیها، سنگ یکپارچه را به قطعاتی مجزا تبدیل می‌کنند (شکل ۶). از این‌رو، وجود درز و شکستگی در سنگ،پایداری و استحکام آن را به شدت کاهش می‌دهد. علاوه برآن هوازدگی و فرسایش نیز در سنگهای درز و شکافدار سریعتر اثر کرده و این نیز به نوبه خود باعث می‌شود که سنگ مشخصات اولیه خود را با سرعت بیشتری از دست بدهد.

درزها و دسته درزها را معمولاً با شیب و امتدادشان می‌شناسیم. چون اغلب تعداد درزها در سنگ زیاد است بررسی آنها بیشتر به صورت آماری انجام می‌شود. به این ترتیب که شیب، امتداد و دیگر مشخصات تعداد زیادی درز اندازه‌گیری می‌شود و با میانگین گرفتن از آنها جهت‌یابی و مشخصات کلی دسته درزهای موجود در

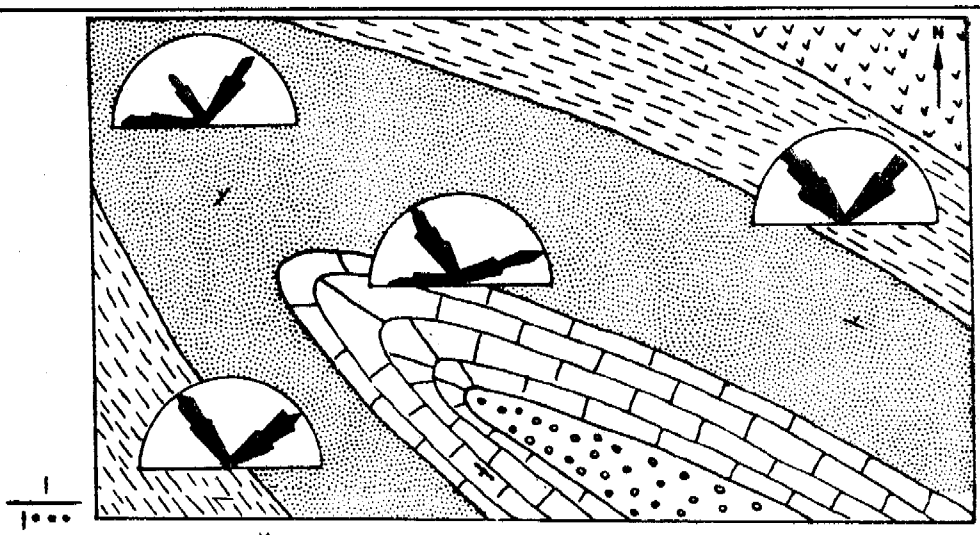


شکل ۶: توده‌ای از سنگ که در اثر سه دسته درز عمود برهم به قطعات مکعبی کوچک تقسیم شده است.

سنگ تعیین می‌شود. فراوانی درزها در سنگها اغلب باعث می‌شود که نتوانیم آنها را در نقشه به‌طور منفرد نشان دهیم (شکل ۷). از این‌رو، وضعیت کلی درزها را در توده‌ای از سنگ به‌صورت نمودار سه بعدی (شکلهای ۶ و ۱۰ و ۱۱) نمایش می‌دهیم. در روی نقشه نیز نتیجه بررسی آماری درزها به‌صورت نمودار گل سرخی، یا روشهای رایج دیگر، نشان داده می‌شود (شکل ۷ و ۸).

با توجه به اهمیت زیادی که درزها در استحکام و پایداری سنگها دارند، امروزه، کلیهٔ شکستگیهای موجود در سنگ با دقت زیاد مورد بررسی قرار می‌گیرد. در صحرا زمین‌شناسان علاوه بر شیب و امتداد درز، مشخصات دیگری از آن را نیز مورد توجه و بررسی قرار می‌دهند. در جدول سه برخی از مهمترین مشخصات درزها آورده شده است.

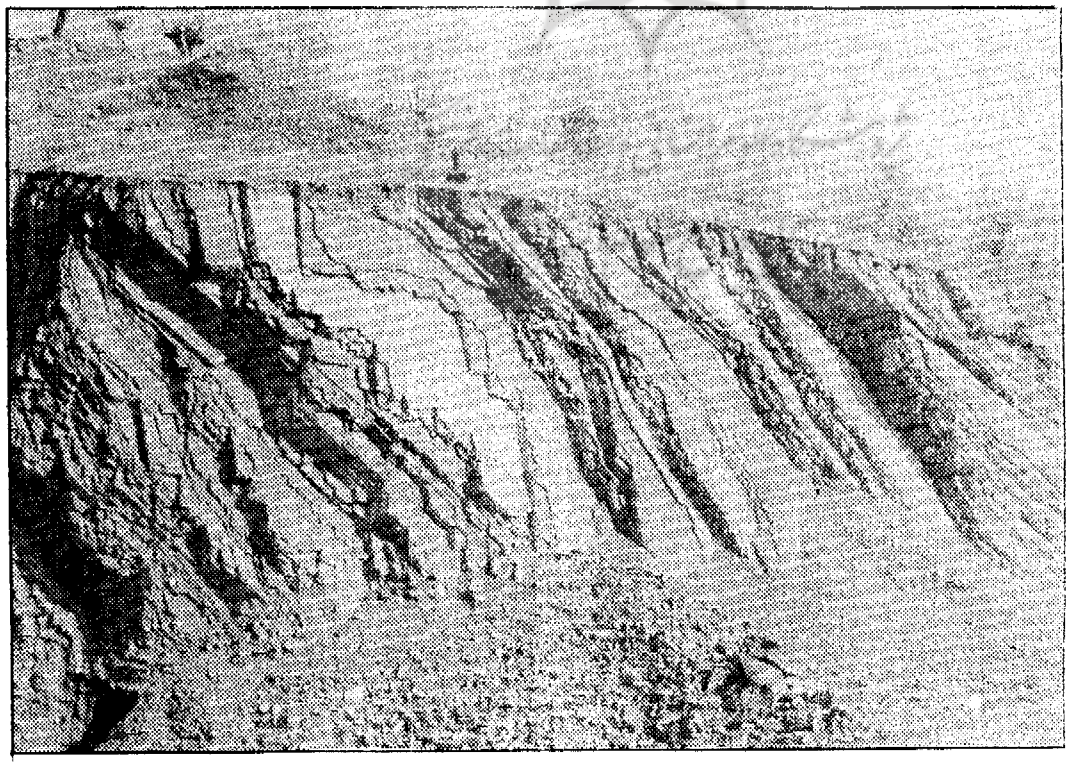
در زمان حفر تونلهای راهسازی و معدنی، ساختن سدها، و



شکل ۷: نمایش جهتیابی و فراوانی درزها در بخشهای مختلف یک ناحیه چین‌خورده توسط نمودار گلسرخی.[۱۱] هر یک از این نمودارها پس از اندازه‌گیری جهتیابی تعداد زیادی درز رسم شده‌اند. بررسی این نمودارها نشان می‌دهد که در این منطقه دو دسته درز اصلی وجود دارد که امتداد یکی از آنها بطور متوسط N-40-E و دیگری N-32°-W است. علاوه برآن، یک دسته درز دیگر هم با امتداد N-90°-W (شرقی ــ غربی) وجود دارد. دسته درز اخیر عمدتاً در نقاطی که لایه‌ها بیشترین خمیدگی را متحمل شده‌اند (لولای چین) یافت می‌شود.

شکل ۸: نشانه‌های نمایش درزها در نقشه

سنگبری برای احداث جاده‌ها آگاهی از وضعیت درزها کمک بسیاری در تسهیل کار و جلوگیری از خطرات ناشی از ریزش و لغزش می‌نماید (شکل ۹ و ۱۰ و ۱۱). در معدنگاری به طریقهٔ روباز، مخصوصاً معدنکاری و استخراج بعضی از سنگهای ساختمانی، که باید به‌صورت قطعات بزرگ استخراج شوند، آگاهی از وضعیت درزها کمک بسیاری در دستیابی به قطعات دلخواه می‌نماید.

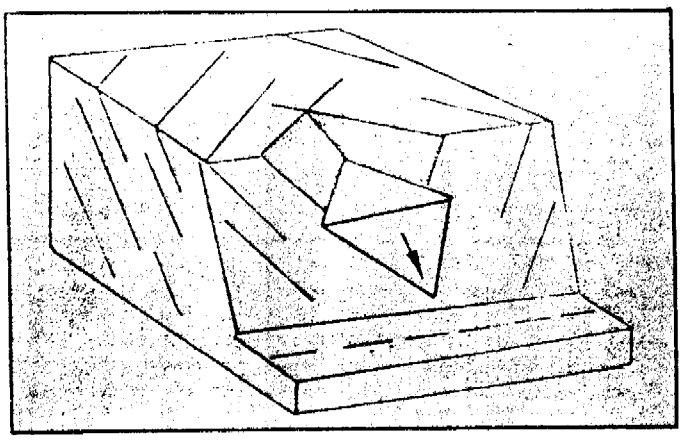


شکل ۹: دو دسته درز ... در توف‌های نازک لایه، به سطح درزها در ناپایدار کردن دامنه و ایجاد واریزه توجه کنید (رود من).

علاوه بر ... سنگها، در پایداری شیبها و پیدایش ... مهمی از آب‌بندی را در خود جای می‌دهند. به‌عنوان مثالی در این

مورد می‌توان منابع عظیم آب زیر زمینی در دشتهای وسیع و شکافدار بخشهایی از کوههای زاگرس را نام برد.

درزها را می‌توان بر مبنای نحوه تشکیلشان به چند گروه تقسیم کرد. دسته اول درزهای برشی‌اند که معمولاً در سطوح گسلها دیده می‌شوند. این درزها، همانند گسلها، معمولاً در جهاتی ایجاد می‌شوند

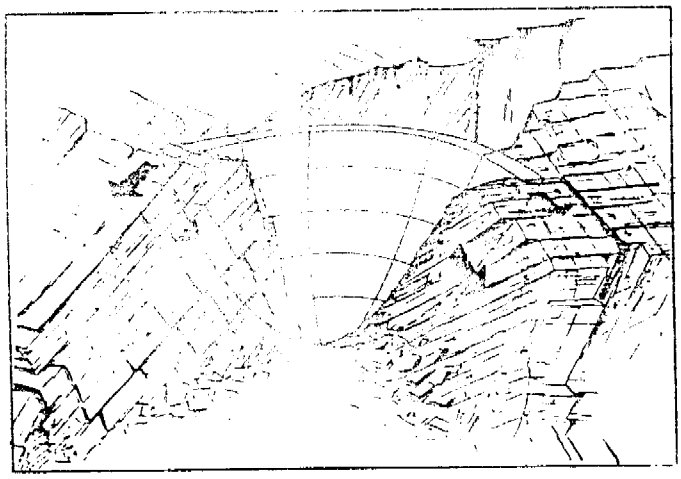


شکل ۱۰: لغزش سنگ و حرکت توده‌ای از سنگ به داخل جاده به دلیل جهتیابی نامناسب دو دسته درز موجود در سنگ

جدول سه: برخی از ویژگیهای درزها که در صحرا مورد بررسی قرار می‌گیرند

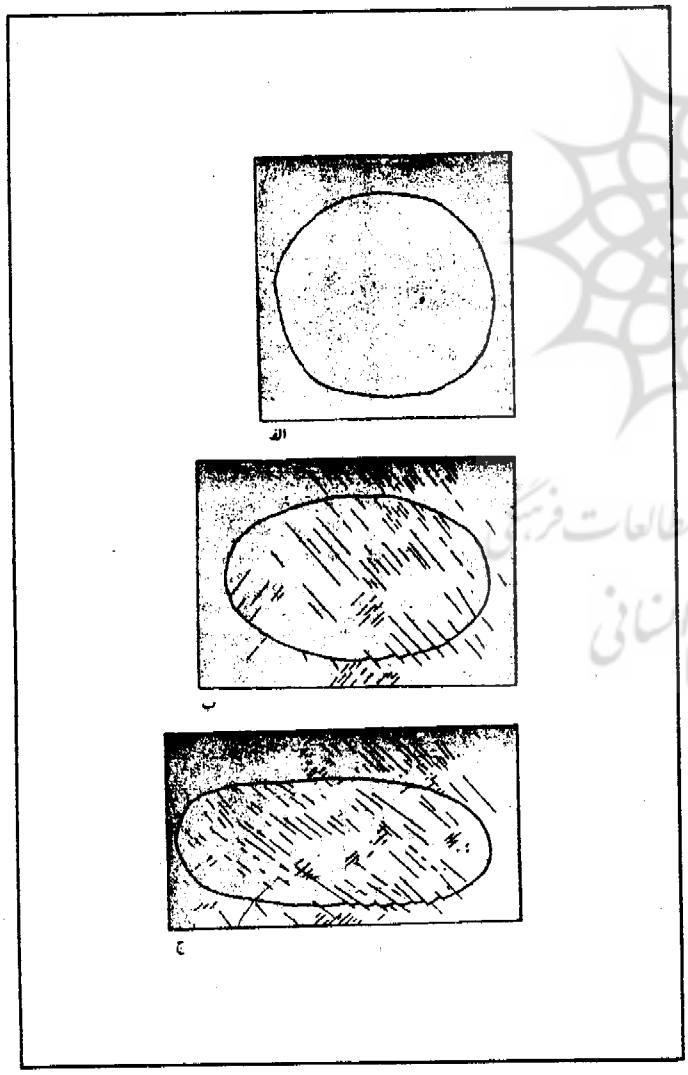
۱) محل اندازه‌گیری درز
۲) شیب و امتداد درز
۳) تداوم درز
۴) میانگین فاصله بین دو درز متوالی
۵) مشخصات سطح درز (مسطوی و هموار، زبر، مواج)
۶) بازشدگی در امتداد درز
۷) پرشدگی ثانوی درز (جنس مواد پرکننده و استحکام آنها)
۸) تراوش آب زیرزمینی از درز
۹) جنس و ضخامت لایه‌های درزدار
۱۰) هوازدگی سطح درز

که زاویه‌ای حدود ۳۰ تا ۴۰ درجه با امتداد بزرگترین نیروی وارد شونده به سنگ دارد. از این‌رو، بررسی این گونه درزها کمک فراوانی به شناسایی جهتیابی نیروهای تغییر شکل دهنده سنگ می‌کند. توده‌ای خمیری از گل رس را در روی سطحی پهن کرده و در روی آن، به‌عنوان نشانه، دایره‌ای حک کنید. حال اگر از دو طرف نیرویی به این نمونه وارد کنید، دایره نشانه بتدریج به بیضی تبدیل خواهد شد، و به‌همراه آن درزهای برشی در نمونه به وجود خواهد آمد. در صورتی که نیروی باز هم بیشتری به نمونه وارد کنیم، در امتداد برخی از درزهای



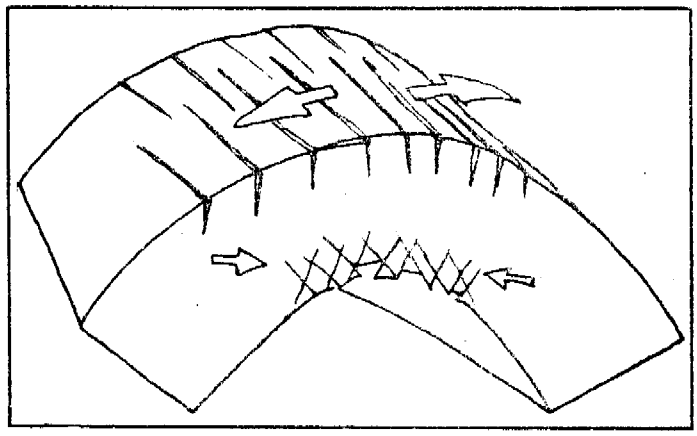
شکل ۱۱: نقش جهتیابی نامناسب درزها در ناپایدار نمودن تکیه گاهها و نشت آب از مخزن یک سد قوسی بتنی.

برشی، جابجایی صورت گرفته به این ترتیب گسلهایی ایجاد خواهد شد (شکل ۱۲).

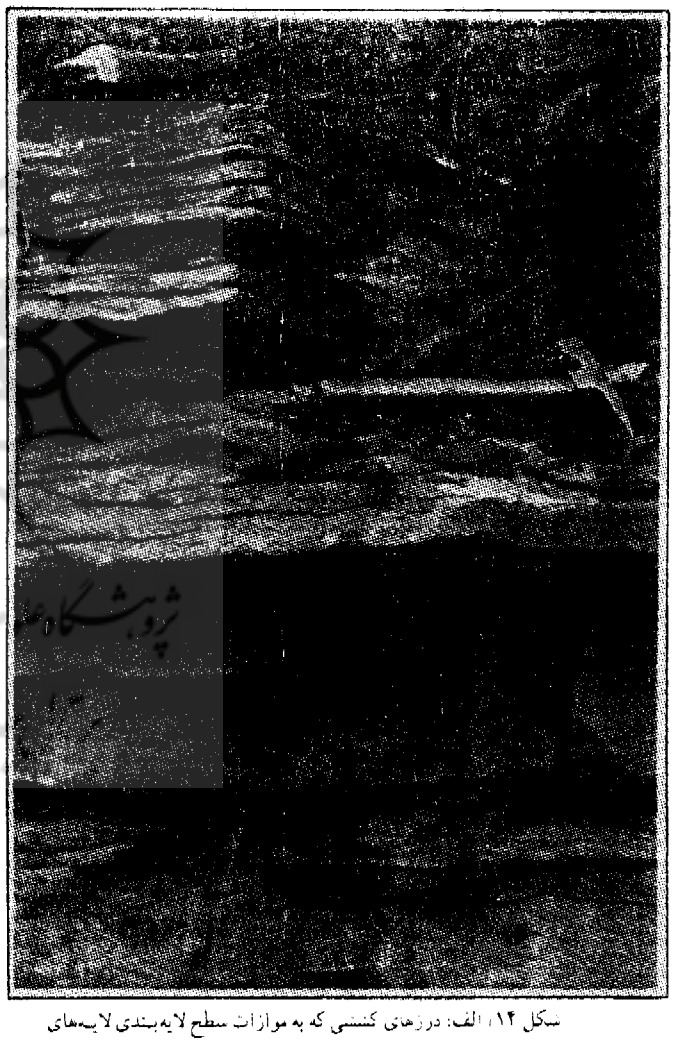


شکل ۱۲: نحوه تشکیل درزهای برشی و گسل در یک نمونهٔ گل رس (ب و ج)ارتباط آنها با امتداد بزرگترین نیروی واردشونده به نمونه (د)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۱۳: ایجاد درزهای کششی در سطح فوقانی یک لایه چین‌خورده. توجه کنید که بخش زیرین لایه فشرده شده و در آن درزهای برشی و جابجایی (گسلهای کوچک) ایجاد شده است.



شکل ۱۴: الف: درزهای کششی که به موازات سطح لایه‌بندی لایه‌های ماسه سنگی افقی ایجاد شده است. این درزها پس از ذوب یخچالها و برداشته‌شدن فشار آنها در سنگ بوجود آمده است (دیواره دره رودخانه نیاگارا، کانادا). توجه داشته باشید که آنچه از بخش بالایی حفظ شده لایه ضخیم است ولی در قسمت بالای بخش تنها یک درز وجود دارد که تا سطح درزها سالم باقی مانده است.

شکل ۱۴: ب: درزهای کششی در سطح خارجی یک توده غربی هوازده

هرجا که سنگ تحت تأثیر کشش قرار گیرد، درزهایی درآن ایجاد می‌شود. تکه‌ای گل رس را برداشته آن را به نحوی خم کنید که به شکل یک چین تاقدیسی درآید، خواهید دید که در سطح فوقانی لایه و به موازات محور چین درزهای کششی[21] ایجاد می‌شود. علت تشکیل این درزها کشیده شدن بخش فوقانی لایه در زمان تغییر شکل و چین‌خوردن است. بررسی دقیقتر همین چین، گروه دیگری از درزها را در بخش زیرین لایه نشان می‌دهد. این قسمت از لایه در زمان چین‌خوردن تحت‌فشار قرار گرفته و در آن درزهای برشی و گسلهای کوچک ایجاد شده است (شکل ۱۳).

در جاهایی که در مدتی کوتاه فشار قابل ملاحظه‌ای از روی زمین برداشته می‌شود امکان انبساط سنگ از یک سو به‌وجود می‌آید. این بازشدگی و انبساط ممکن است درزهای کششی ایجاد کند. برداشته شدن بار یا تنش از روی سنگ ممکن است به‌طور طبیعی انجام شود. مانند ذوب تقریباً ناگهانی هزاران متریخ و برف یخچالهایی که تا کمتر از ۱۵ هزار سال پیش بخشهای وسیعی از نیمکره شمالی را پوشانده بودند. در بسیاری از بخشهای این مناطق، به دنبال ذوب یخها، درزهای کششی به موازات سطح زمین ایجاد گردید (شکل ۱۴/ الف). فرسایش بخشهای فوقانی توده‌های آذرین و هوازدگیشان نیز باعث ایجاد درزهای کششی مشابهی به موازات سطح بیرونزده‌سنگ می‌شود (شکل ۱۴/ ب). ویژگی مهم این گونه درزهای کششی، که به آن درزهای رهایی[22] یا پوسته پوسته شدن[23] نیز می‌گویند، این است که گسترش و فراوانی آنها از سطح به داخل سنگ بسرعت کاسته می‌شود.

برداشته شدن بار از روی سنگها ممکن است به‌طور مصنوعی و توسط انسان نیز انجام شود. حفر یک ترانشه برای ایجاد یک راه جدید، حفر یک تونل در دل کوه، خود برداری عمیق در محل پی یک سد و مانند آن باعث می‌شود که مقدار کوتاه تنش واردشونده به سنگ از بین برود. کاهش یابد و در نتیجهٔ آن درزهای کششی از

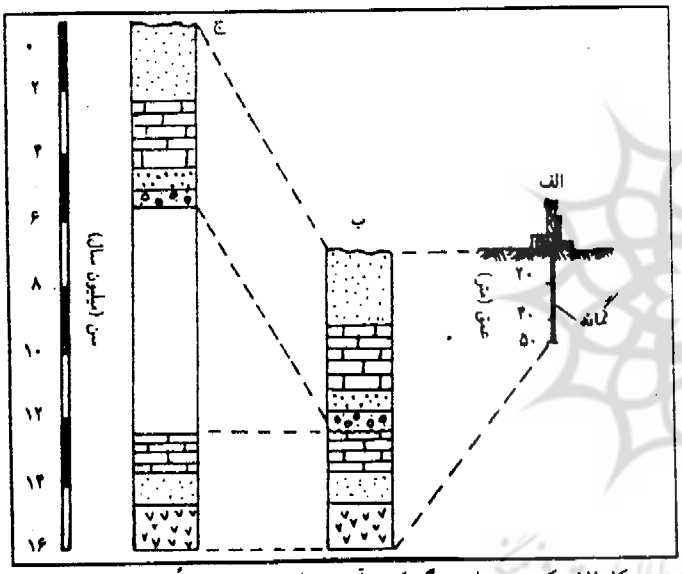
نوع رهایی ایجاد شود. ایجاد این گونه درزها و شکستگی‌های سنگی باعث می‌شود که هرچند مدت یکبار تکه‌ای از سنگ از دیواره جدا شده به سمت پائین دست بلغزد. در تونلها، به دلیل تنش نامتعادلی که برسنگهای دیوارهٔ تونل اعمال می‌شود، گاه بخشی از سنگها به صورتی انفجارآمیز می‌شکنند و از دیواره تونل جدا می‌شوند.

دسته دیگری از درزها در اثر منقبض شدن سنگ به‌وجود می‌آیند؛ اگر نمونه‌ای از گل رُس را برای مدتی در مجاورت آفتاب قرار دهیم، رطوبت خود را از دست می‌دهد و در آن ترکهای گلی به‌وجود می‌آید. نوع خاصی از درزهای ناشی از انقباض سنگ، که بیشتر در گدازه‌های بازالتی دیده می‌شود (شکل ۱۵)، منشورهای زیبایی را به‌وجود می‌آورند. نمونه‌های جالبی از منشورهای بازالتی در گدازه‌های دماوند، مخصوصاً در مسیر راه هراز، دیده می‌شود.

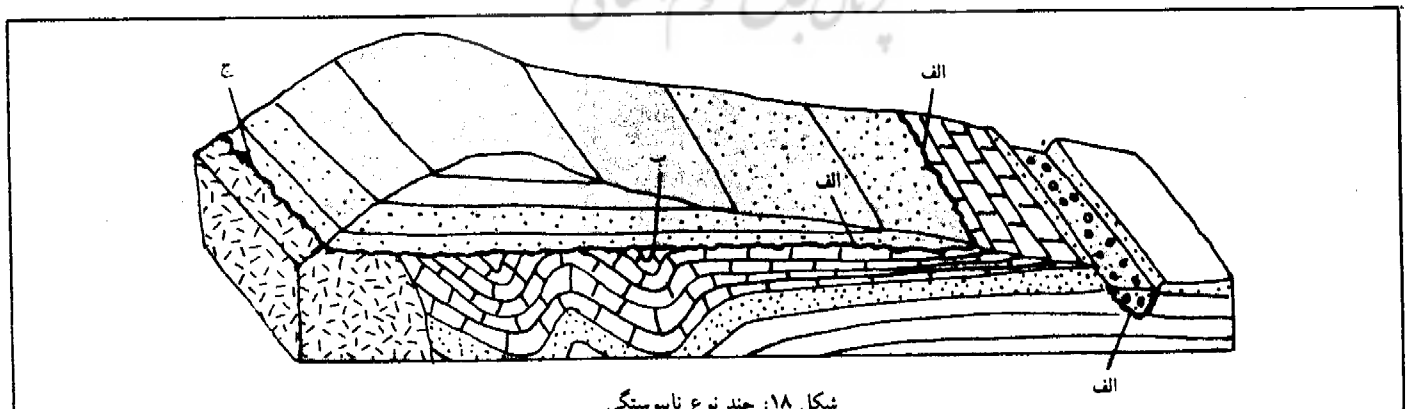
شکل ۱۵: ستونهای منشوری که در اثر سرد شدن و انقباض گدازهٔ بازالتی ایجاد شده است (ارتفاعات اطراف شهر بافت کرمان).

گروه دیگر شکستگیها شکافها[24] هستند که دو دیوارهٔ آنها از هم باز شده است. این بازشدگی ممکن است در اثر نیروهای کششی و یا حل شدگی مواد از دیواره شکستگی توسط آبهای زیرزمینی، ایجاد شده باشد. در برخی از حالات شکافها توسط مواد معدنی و یا رسوبات برجای گذاشته شده توسط آبهای زیرزمینی پر می‌شوند (شکل ۱۶). شکافهایی که از مواد با ارزش پر شده‌اند و گاه معدنی[25] نامیده می‌شوند.

شکل ۱۶: گروهی از شکافهای کششی که بعداً با کوارتز پر شده است.



شکل ۱۷: یک نمونه ناپیوستگی که در آن رسوبات متعلق به تقریباً ۶ تا ۱۲ میلیون سال قبل وجود ندارد. (ستون زمین‌شناسی «ب» با استفاده از اطلاعات کسب شده از مغزهای حفاری رسم شده است.)



شکل ۱۸: چند نوع ناپیوستگی

الف) ناپیوستگی هم شیب[27] (شیب لایه‌ها در دو سوی سطح ناپیوستگی مشابه است.)

ب) ناپیوستگی دگرشیب[28] (شیب لایه‌ها در دو سوی سطح ناپیوستگی متفاوت است.)

ج) ناپیوستگی آذرین پی[29]

۲) ناپیوستگیها:

یکی از اصول مهمی که زمین‌شناسان در بررسیهای خود مورد توجه قرار می‌دهند، اصل روی‌هم قرار گرفتن لایه‌هاست. به این مفهوم که هر لایهٔ رسوبی جدید همواره به روی لایه رسوبی قدیمیتر قرار گرفته است. با توجه به این اصل، و با استفاده از نشانه‌های تعیین بالا و پایین لایه‌های رسوبی که پیشتر به آن اشاره شد، بسادگی می‌توانیم لایه‌هایی را که در اثر چین‌خوردگی حالتی برگشته دارند تشخیص دهیم. علاوه برآن، زمین‌شناسان با استفاده از فسیلهای موجود در لایه‌های مختلف، و یا به توسط روشهای رادیواکتیو، می‌توانند سن حقیقی سنگها و لایه‌ها را نیز بدست آورند.

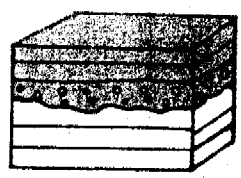
گاه در توالی لایه‌های رسوبی یک ناحیه، کمشدگی مشاهده می‌شود. به این معنی که رسوبات مربوط به یک محدوده زمانی دیده نمی‌شوند (شکل ۱۷) علت این امر چیست؟

این پدیده ممکن است به دلیل عدم رسوبگذری در آن مدت زمان خاص باشد، و یا اینکه شاید رسوباتی که در آن زمان گذارده شده‌اند بعدها در سطح زمین قرار گرفته و فرسایش یافته باشند. در زمین‌شناسی، سطحی که در آن گمشدگی زمانی و رسوبی وجود دارد **ناپیوستگی**[۲۶] نامیده می‌شود. ناپیوستگیها، اغلب یک سطح فرسایش قدیمی هستند که، بسته به شرایط زمان تشکیل، لایه‌های سنگی دوسوی آن ممکن است هم شیب و یا با شیبهای متفاوت باشد (شکل ۱۸).

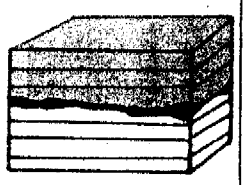
فراوانترین نوع ناپیوستگی، که در اغلب نقاط قابل مشاهده است، حالتی است که رسوبات جدید (مانند آبرفتهای رودخانه‌ای و رسوبات بادی) به روی سنگهای قدیمیتر قرار گیرند. به عنوان مثالی در این مورد می‌توان سطح ناپیوستگی بین رسوبات آبرفتی تهران و سنگهای زیرین آن (توفهای سبز البرز) را نام برد.

برای شناسایی ناپیوستگیها در صحرا نشانه‌های متعددی وجود دارد که برخی از مهمترین آنها در جدول چهار آمده است. همان‌گونه که در این جدول دیده می‌شود، برخی از نشانه‌های ظاهری ناپیوستگیها و گسلها شبیه به هم است. در جدول پنج مجموعه‌ای از نشانه‌ها که توسط آنها می‌توانیم در روی زمین ناپیوستگیها را از گسلها تشخیص دهیم گردآوری شده است.

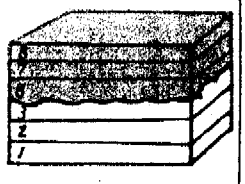
جدول چهار: نشانه‌های شناسایی ناپیوستگیها در صحرا



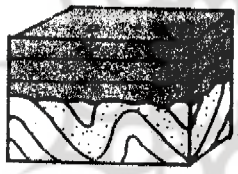
الف) کنگومرا (یا برش) قاعده‌ای حاوی قلوه‌هایی از رسوبات زیرین. وجود این کنگومراها معرف پایان فرسایش و آغاز پیشروی دریا و تشکیل محیط رسوبی جدید است.



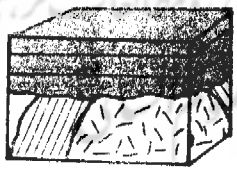
ب) افقی از خاک مدفون شده، یا سطحی که اثرات هوازدگی را نشان دهد. همچنین، وجود استخوانها یا لایه‌ای از فسفات، و یا سطحی ناهموار و دارای پستی و بلندی در بین لایه‌ها.



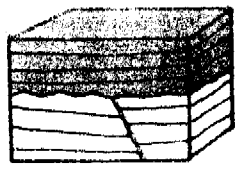
ج) قطع شدگی در توالی گیاهی و جانوری در رسوبات منطقه.



د) تغییر ناگهانی در شیب و امتداد لایه‌ها.



ه) قطع شدگی یک تودهٔ آذرین نفوذی و هالهٔ دگرگونی اطراف آن توسط رسوبات دگرگون نشده.



و) ناپدید شدن ناگهانی یک گسل در قاعده یک واحد سنگی.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول پنج: نشانه‌های [illegible] گسلها در صحرا

نشانه	نابیوسنگی	گسل
۱ ــ مشخصات هندسی سطح	معمولاً ناهموار (به علت فرسایش سطح قدیمی زمین در محل نابیوسنگی).	معمولاً ناهموار و گسل بسیار صاف و آینه‌ای.
۲ ــ شیب	معمولاً افقی یا نزدیک به افقی و به طور کلی کمتر از ۲۵° درجه‌مگر آنکه به‌طور ثانوی و در اثر عوامل تکتونیکی کج شده باشد.	معمولاً قائم یا نزدیک به قائم، به استثنای گسلهای رانده (در گسلهای رانده معمولاً سنگهای قدیمتر به روی سنگهای جدیدتر قرار می‌گیرند).
۳ ــ ویژگی توپوگرافی	ندارد	مسیر مستقیم رودخانه‌ها، دره‌ها و یا پرتگاههای طویل، امتداد عبور گسلها را نشان می‌دهند.
۴ ــ اثر حرکت در روی سطح	ندارد	الف) لبه گسل و شیارها و برآمدگیهای روی سطح گسل. ب) برش گسلی در امتداد سطح گسل. ج) جابجایی لایه‌ها و ساختمانهای زمین‌شناسی در دو سوی گسل.
۵ ــ وجود ذرات و قطعات گوشه‌دار و گرد شده	در بسیاری موارد، بلافاصله در روی سطح فرسایشی کنگلومرایی با ذرات و قلوه‌های گرد شده دیده می‌شود.	در بسیاری موارد، سنگهای موجود در محل گسل ممکن است خرد شده و برش گسلی را سازد. ذرات و قطعات سازنده این سنگها زاویه‌دار است.

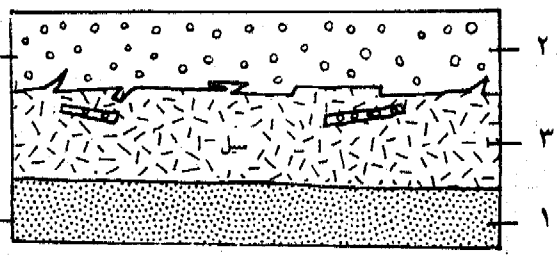
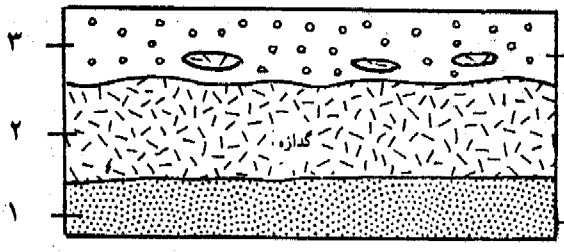
۳) ساختهای آذرین و دگرگونی:

توده‌های سنگهای آذرین، که از سخت و جامد شدن مواد مذاب در داخل و یا سطح زمین ایجاد می‌شوند، اشکال بسیار متنوعی دارند. در اینجا الزاماً با لایه‌های مسطوی، آن گونه که در مورد سنگهای رسوبی دیدیم، روبرو نیستیم. تودهٔ آذرین ممکن است به هر شکلی دیده شود. از این‌رو، بررسی و تفسیر این گونه ساختها تا حدی مشکلتر است. زمین‌شناسان در بیشتر مواقع تفسیر ساختهای آذرین را با توجه به سنگهای رسوبی و گاه دگرگون شدهٔ اطراف آنها انجام می‌دهند. ساختهای آذرین را می‌توان از نظر وضعیت هندسیشان نسبت به لایه‌های رسوبی و سنگهای دگرگونی اطراف، به دو گروه **همساز**[30] و **ناهمساز**[31] تقسیم کرد. توده‌های آذرین همساز ساختهایی هستند که در بین لایه‌بندی یک توالی رسوبی قرار می‌گیرند. ساختهای آذرین همساز را به نوبه خود می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

الف) **جریان گدازه**[32] و **خاکستر آتشفشانی**[33]: مواد مذاب پس از خروج از دهانه آتشفشان معمولاً به اطراف حرکت کرده بخشی از سطح زمین را می‌پوشانند. در این شرایط ضخامت گدازه در همه‌جا یکسان نیست. گدازه‌ها علاوه بر تبعیت از وضعیت توپوگرافی زمین، با دورشدن از محل خروج (دهانه)، نازکتر می‌شوند. با گذشت زمان ممکن است لایه‌های رسوبی جدیدی در منطقه گذارده شود و به این ترتیب گدازه‌ها در بین رسوبات مدفون شوند. مثال جالبی در این مورد گدازه‌های آتشفشانی دماوند است که در مسیر جاده هراز و بعد از رودهن به روی سنگها و یا خاکها و رسوبات قبلی قرار گرفته است. در روی این گدازه‌ها نیز در برخی نقاط لایه‌هایی از خاک یا مواد آبرفتی جدید رسوب کرده است.

برخی از آتشفشانها، همراه با گدازه یا به تنهایی، ذرات ریز و پودر مانند جامدی که ناشی از عمل انفجاری آنهاست به هوا پرتاب می‌کنند. این ذرات خاکستر مانند به علت وزن سبکشان گاه برای مدتی طولانی در هوا باقی می‌مانند و بتدریج مانند بارانی به سطح زمین و یا دریا باریده و در بستر آن ته‌نشین می‌شوند. این مسئله باعث می‌شود که خاکسترهای آتشفشانی پس از ته‌نشینی حالت سنگهای رسوبی را داشته و لایه‌لایه باشند. لایه‌های متشکل از خاکسترهای منفصل پس از سخت شدن گروهی از سنگها را می‌سازند که به آن **توف**[34] می‌گوییم.

جدول شش: برخی نشانه‌های تشخیص سیل از گدازه مدفون شده در صحرا

سیل	گدازه
	
۱) از لایه‌های رویی و زیرین خود جوانتر است.	از لایه‌های زیرین جوانتر و از لایه‌های رویی پیرتر است.
۲) ممکن است به صورت زوایدی در لایه‌های بالایی خود نفوذ کند.	این حالت وجود ندارد.
۳) در اثر نفوذ در لایه‌های بالایی ممکن است قطعاتی از این لایه‌ها در سیل پیدا شود	وضع در اینجا برعکس است و ممکن است قطعاتی از گدازه در لایه‌های رویی یافت شود.
۴) سطح فوقانی شبیه به سطح فوقانی گدازه نیست.	سطح رویی معمولاً صاف و گاه حاوی حفره‌های ناشی از خروج گاز است.
۵) اثرات ناچیز دگرگونی ممکن است در لایه‌های فوقانی و تحتانی شود.	اثرات دگرگونی تنها در لایه زیرین ممکن است دیده شود.

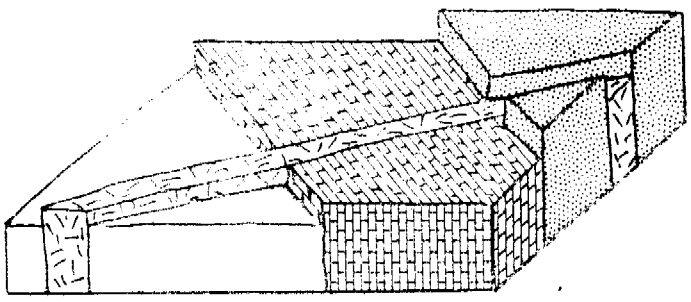
توفها را سنگهای آذرآواری[35] نیز می‌گویند؛ به این دلیل که تشکیل آنها به دو فرآیند آذرین و رسوبی وابسته است. به عنوان مثال می‌توانیم توفهای سبز البرز را نام ببریم که بخش مهمی از ارتفاعات شمال تهران را ساخته‌اند. این توفها نیز از ته‌نشین شدن و سنگ شدن خاکسترهای آتشفشانی در بستر دریا درست شده‌اند (شکل ۱۹).

شکل ۱۹) حالت لایه لایه سنگهای ادراواری (توفهای سبز) در جاده کرج ـ چالوس.

ب) سیلها: سیلها[36] سنگهایی‌اند که از تزریق مواد آذرین به داخل حد فاصل بین دو لایه ایجاد می‌شوند. از این رو، می‌توانیم به آنها ساختهای آذرین لایه‌رو نیز بگوییم. گرچه فراوانی این گونه ساختها در طبیعت نسبتاً کم است. ولی از این نظر که رخنمونشان ممکن است تا حد زیادی گول زننده باشد، شناسایی آنها اهمیت پیدا می‌کند. در صحرا و در نشده‌اشکال [illegible] از رخنمون سیلها ایجاد می‌شود همانند لایه‌بندی است و قانون V در مورد آنها نیز صادق است. در برخی موارد ممکن است سیلها با لایه‌های مدفون شدهٔ گدازه اشتباه شوند. در جدول شش نشانه‌های تشخیص این دو از یکدیگر آورده شده است.

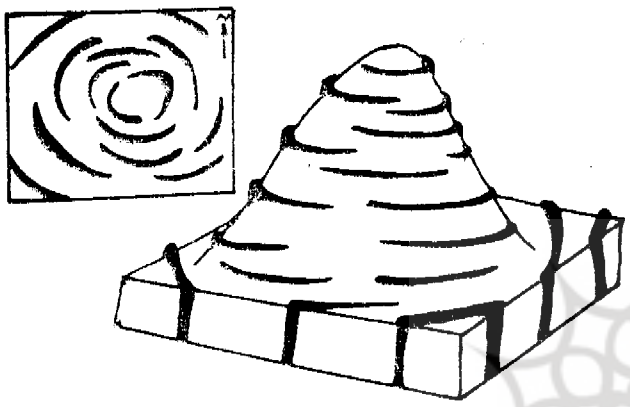
ساختهای آذرین ناهمساز، در مقایسه با ساختهای همساز، از تنوع و گوناگونی بیشتری برخوردارند. ساختهای ناهمساز را نیز می‌توان به دو دسته تقسیم کرد:

الف) ساختهای ناهمساز سفحه‌ای: شاید بتوان دایکها[37] را مهمترین و فراوانترین ساخت متعلق به این دسته دانست. دایکها در واقع شکافها و شکستگیهایی هستند که توسط مواد آذرین نفوذی پر شده‌اند. ضخامت دایکها معمولاً یکنواخت است و اغلب به صورتی قائم یا نزدیک به قائم قرار می‌گیرند. در نتیجه، دایکها در روی زمین، و در نقشه، [illegible] از وضعیت توپوگرافی، بیشتر به صورت نوارهایی مستقیم دیده می‌شوند (شکل ۲۰). تجربه نشان داده است که دایکها، همانند درزه‌ها، اغلب به صورت گروههایی که کم و بیش جهتیابی یکسانی دارند مشاهده می‌شوند، زیرا تزریق مواد مذاب و ایجاد دایک بیشتر در امتداد شکستگیهایی صورت می‌گیرد که سنگ صورت می‌گیرد. دایکها ممکن است [illegible] اشکال مختلفی (شکل ۲۱) و با عدسی مانند نیز دانسته باشند. ضخامت دایکها از چند سانتیمتر تا چند متر متغیر است.



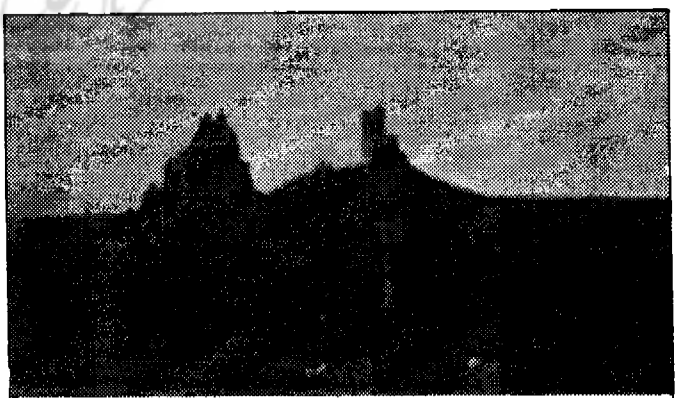
سیل　سنگ آهک　ماسه‌سنگ　دایک

شکل ۲۰: پیدایش نزدیکی دایک در سنگهای مجاور
الف) لایه‌های ماسه‌سنگی
نتیجه دایک روی
ب) مقاومت لایه‌های
ج) مقاومت سنگ
سیل است.



شکل ۲۱: نمودار سه بعدی و نقشه (تقریبی) دایکهای حلقوی در ارتفاعات واقع در کنار جاده قم به اصفهان.

در صورتی که تزریق مواد در شکستگی به طور متوالی صورت گرفته باشد، دایک حاصله از دو یا چند لایه تشکیل خواهد شد که ممکن است حتی جنس آنها نیز با یکدیگر متفاوت باشد. مسئلهٔ تزریق متوالی در مورد سیلها نیز صادق است. در اطراف تهران نمونه‌های جالبی از توده‌های نفوذی **لایه‌رو** (سیل) و **شکاف‌رو** (دایک) یافت می‌شود،از جمله این دایکهای متعدد در اطراف رودهن و ابتدای جاده فیروزکوه است (شکل ۲۲). بد نیست بدانیم که تکیه‌گاههای سد کرج در نزدیکی تهران برروی یک سیل آذرین مستحکم قرار گرفته است.

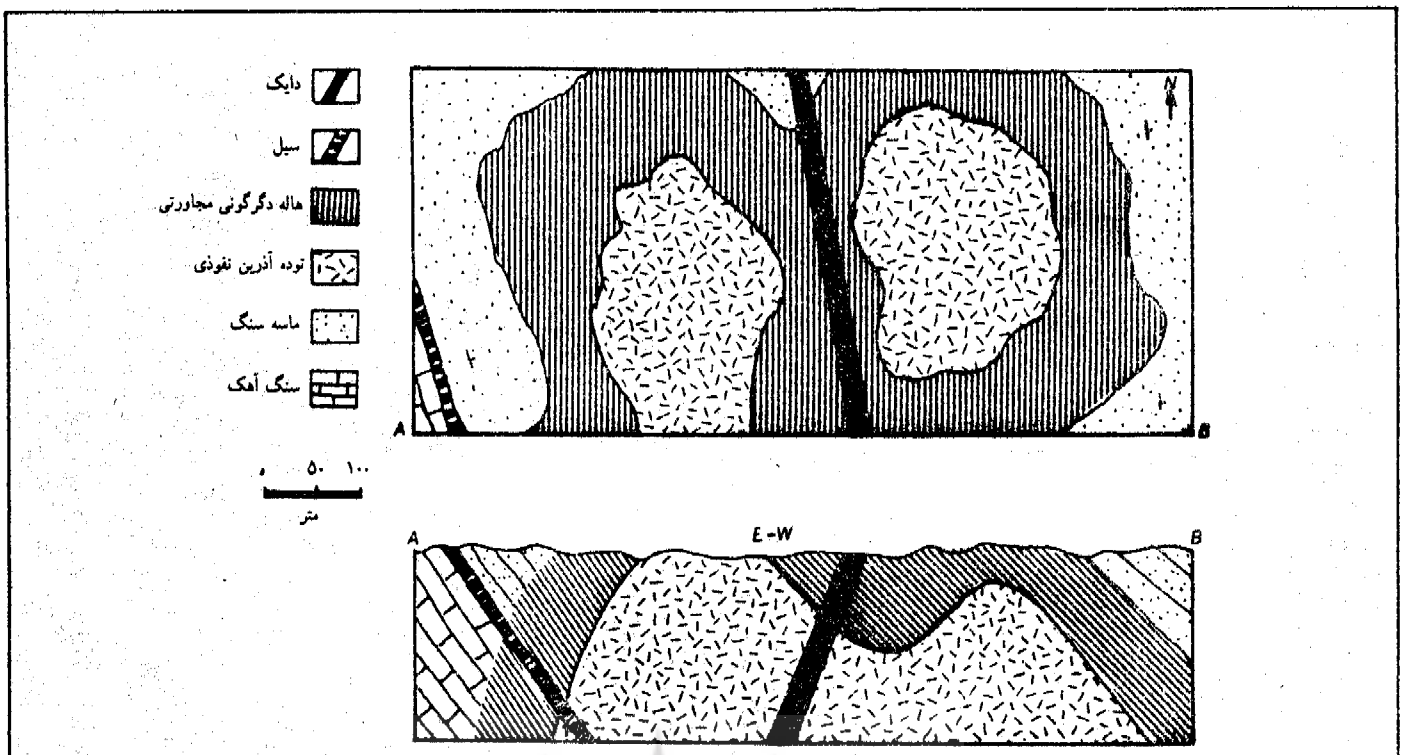


شکل ۲۲: دایک نمونه‌ای از رودهن

سن نسبی توده‌های آذرین را به روشی نسبتاً ساده می‌توان تعیین کرد. در جاهایی که دراثر تزریق متوالی مواد مذاب، در زمانهای مختلف، دایکها و توده‌های نفوذ متعدد و اغلب متقاطعی درست شده است. معمولاً هر توده یا ساخت آذرین قطع شده از تودهٔ آذرینی که آن را قطع کرده است قدیمیتر است (شکل ۲۳).

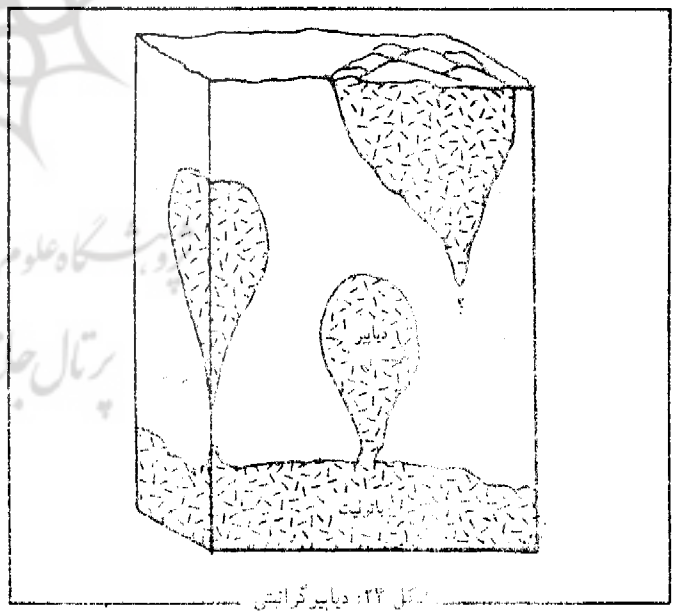
ب) ساختهای ناهمساز غیر صفحه‌ای: یکی از ساختهای آذرین که به طور هم شیب با لایه‌های اطراف قرار نمی‌گیرد **اگلومراهای آتشفشانی**[38] است. اگلومراها عمدتاً از ذرات و قطعات زاویه‌دار درست شده‌اند و معمولاً دودکشهای آتشفشانها را پر می‌کنند.

یکی دیگر از اشکال نفوذی غیرصفحه‌ای توده‌های آذرین درونی یا **پلوتونهاست.**[39] این اشکال، همان گونه که از نامشان پیداست، معمولاً در اعماق بیشتری از پوسته درست می‌شوند. از این‌رو، معمولاً حاوی سنگهای درشت بلورند. گروهی از پلوتونها از سنگهای گرانیتی درست شده‌اند. این **توده‌های نفوذی**[40] گاه پس از برداشته شدن لایه‌های فوقانیشان، توسط فرسایش، در سطح زمین رخنمون پیدا می‌کنند. توده‌های نفوذی گرانیتی در اندازه‌های مختلف دیده می‌شوند. پلوتونهای گرانیتی نسبتاً کوچکتر معمولاً با دیاپیر[41] همراه‌اند، زیرا مادهٔ مذاب گرانیتی از اغلب سنگهای سازنده پوسته سبکتر است و لذا می‌تواند به صورت دیاپیر بالا بیاید. قطر برخی از دیاپیرهای گرانیتی تا چند کیلومتر هم می‌رسد. دیاپیرهای گرانیتی ممکن است در اعماق به یک تودهٔ بزرگتر به نام **باتولیت**[42] مربوط باشند. باتولیتهایی که در اثر



شکل ۲۳: الف) نقشه زمین‌شناسی، ب) نیمرخ یک منطقه که در آن یک تودهٔ آذرین نفوذی و هالهٔ دگرگونی مجاورتی وجود دارد.

فرسایش لایه‌های فوقانیشان در سطح زمین ظاهر می‌شوند معمولاً بیش از ۱۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارند.



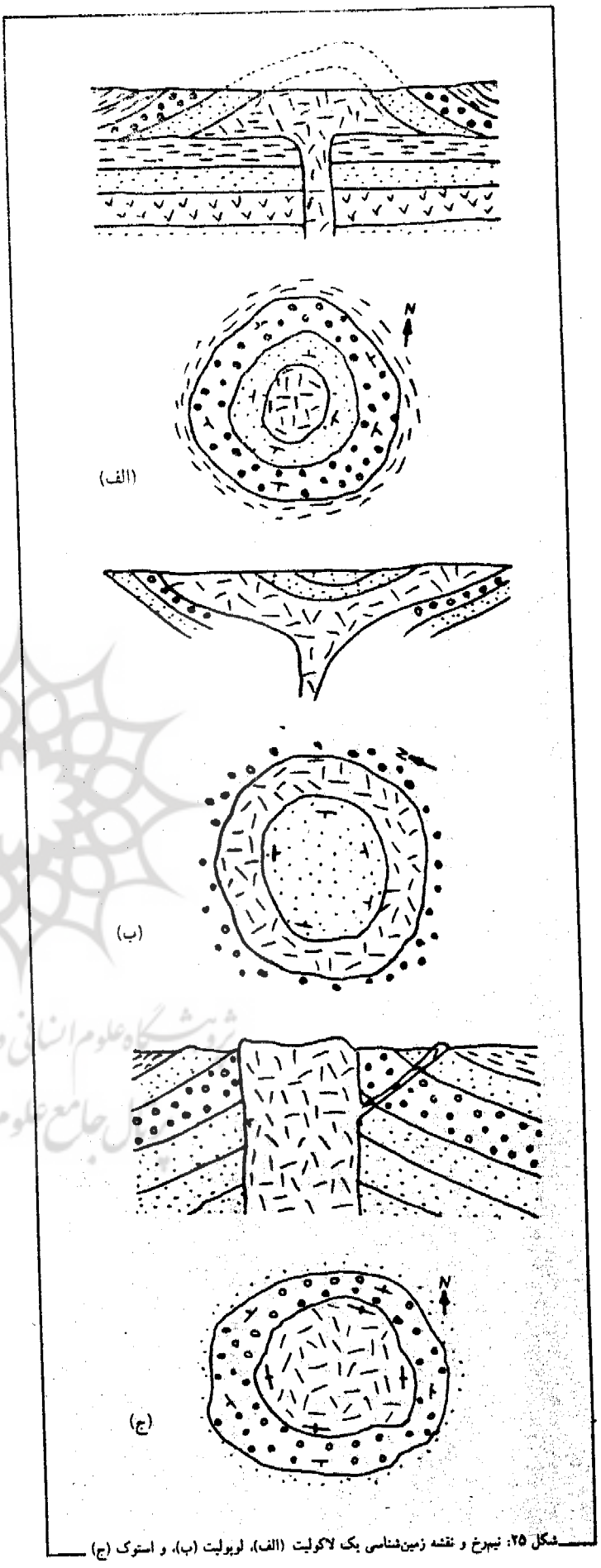
شکل ۲۴: دیاپیر گرانیتی

گروه بیشتری از توده‌های آذرین درونی پلوتونهای کنایرپی‌اند، که گاه توده‌های نفوذی کوچکی را می‌سازند. توده‌های کنایرپی به دلیل چگالی نسبتاً زیادشان معمولاً دیاپیر درست نمی‌کنند.

ایشان گروه دیگری می‌توانند تشکیل دهند بیکنری مانند لوپولیت[43] و لاکولیت[44] (بسیار شبیه شکل ۲۵) لوپولیتها چون اغلب کانسارهای مهمی را در خود جای داده‌اند، مورد توجه ویژه زمین‌شناسان و مهندسان معدن هستند. به عنوان مثالهایی در این موارد می‌توان لوپولیت سادبری[45] در کانادا را نام برد که حاوی کانسار مهمی از نیکل است و یا لوپولیت بوشولد[46] در افریقای جنوبی که بزرگترین ذخیره پلاتین دنیا را به همراه دارد. لوپولیت در واقع سیل بسیار ضخیمی است که بخش مرکزی آن، شاید به دلیل وزنش، پایین رفته است. لوپولیتها در روی زمین و در نقشه اغلب به صورت یک ناودیس نما[47] تظاهر می‌کنند (شکل ۲۵). از دیگر اشکال نفوذی مربوط به این دسته می‌توان استوکها[48] را نام برد. این واژه معمولاً جهت توده‌ای نفوذی و استوانه‌ای شکل با قطری کمتر از ۴۰ کیلومتر به کار می‌رود (شکل ۲۵).

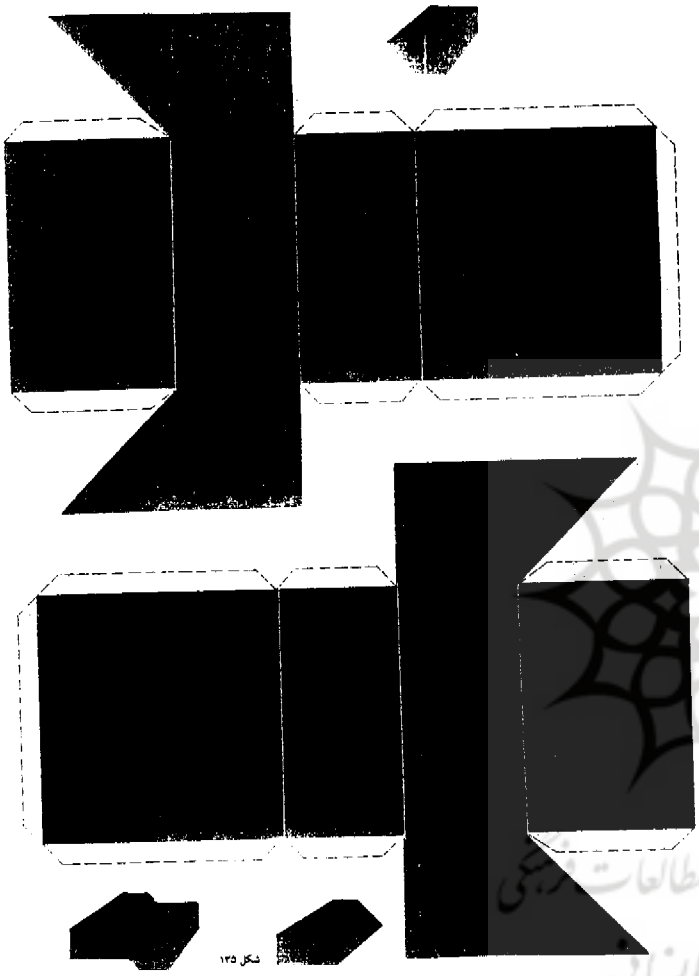
توده‌های نفوذی آذرین معمولاً سنگهای اطراف خود را دگرگون می‌کنند (شکل ۲۳). گسترش دگرگونی مجاورتی،[49] که معمولاً به صورت هاله‌ای[50] در اطراف تودهٔ نفوذی قرار می‌گیرد، وابسته به بزرگی و حرارت اولیه توده نفوذی و جنس سنگهای دربرگیرندهٔ آن است.

توده‌های نفوذی بزرگ سنگهای اطراف را تا فواصل زیاد دگرگون کرده، هاله‌هایی از سنگهای دگرگونی مختلف را در اطراف خود به وجود می‌آورند. به عنوان مثال می‌توان توده گرانیتی الوند در نزدیکی همدان را نام برد که سنگهای دگرگونی به عرض چندین کیلومتر را تا فاصله [illegible] به وجود آورده است.



شکل ۲۵: نیمرخ و نقشه زمین‌شناسی یک لاکولیت (الف)، لوپولیت (ب)، و استوک (ج)

... سم کرده تا بسط
... ساده از این مدل
مفاهیم زیر را بررسی کنید: سنگ گسل، شیب و امتداد گسل،
خط گسل، شراشیواره، ... دره، مقایسه انواع گسلهای
عادی، معکوس و امتداد لغز، گسل راستگرد، گسل چپگرد، و
گسل چرخشی.



شکل ۲۶

۲) نشانه‌های تشخیص ناپیوستگیها در سطح زمین چیست؟

۳) در صحرا چگونه گسلها را از ناپیوستگیها تشخیص می‌دهیم؟

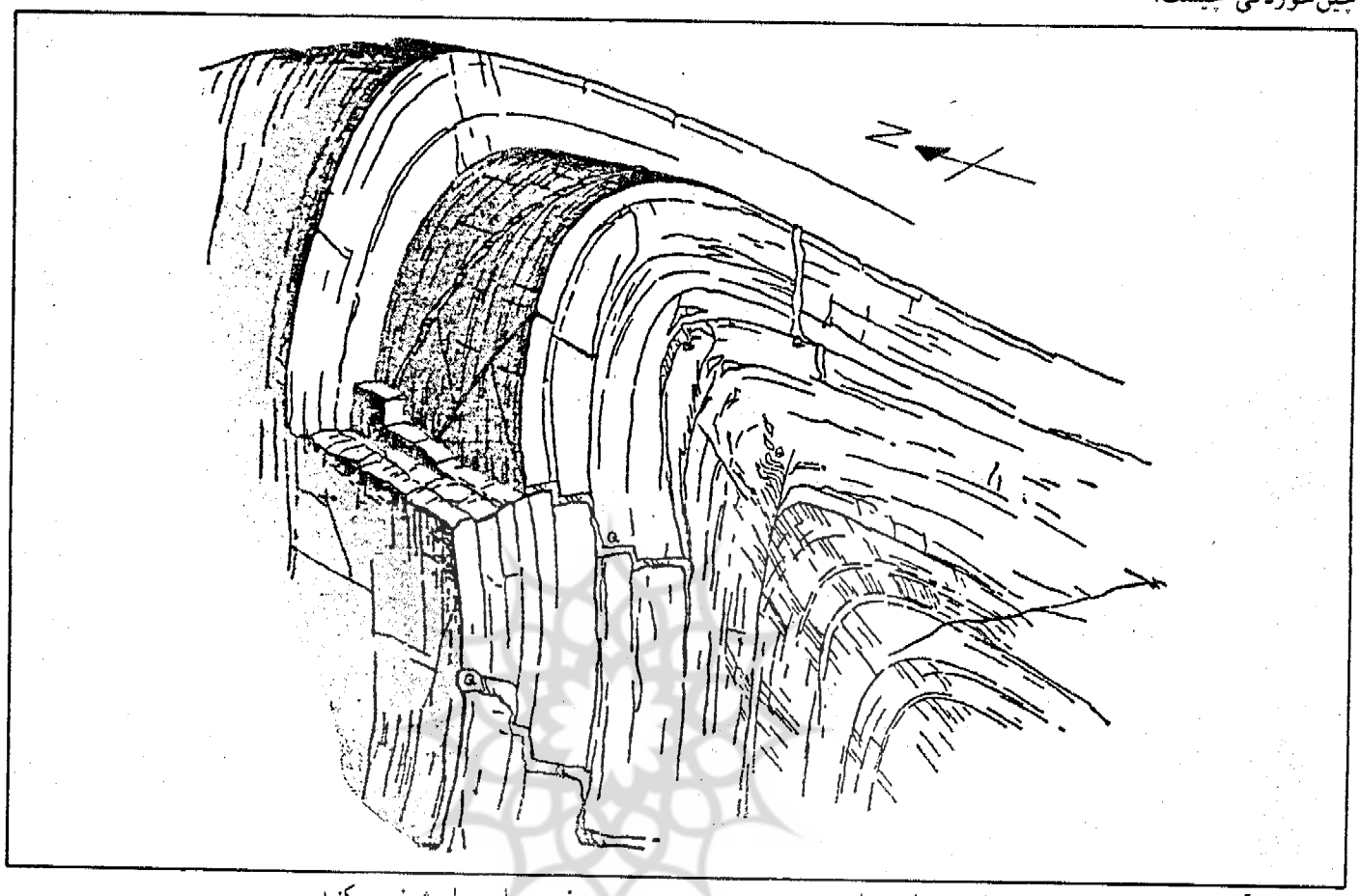
۴) ویژگیهای زمین‌شناسی عمدهٔ درزها کدام است و هر یک از آنها را چگونه تعیین می‌کنیم؟

۵) در شکل ۲ متن، جهت بزرگترین نیروی ایجاد کننده تغییر شکل کدام است؟

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۶) در شکل زیر در اثر چین‌خوردگی و ایجاد تاقدیس گروههایی از درز در سنگ ایجاد شده است.

الف) جهتیابی درزها در ارتباط با لایه‌بندی و چین‌خوردگی چیست؟



ب) آیا دسته درزهای مشخصی را می‌توان در این چین تشخیص داد؟

ج) آیا درزهای نامنظم هم در اینجا ایجاد شده است؟ شکاف چطور؟

۷) با استفاده از شکل ۱ متن، مدلهایی سه بعدی نمایش دهندهٔ روابط بین لایه‌بندی و گسل خوردگی را برای گسلهای معکوس و امتداد لغز رسم کنید.

۸) در شکل ۵ متن، در مورد هر گسل،فرادیواره و فرودیواره را مشخص کنید.

آیا گسلی وجود دارد که نتوان این دو مفهوم را دربارهٔ آن به کار برد؟

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پانوشتها:

1) fractures
2) faults
3) hanging wall
4) foot wall
5) narmal Fault
7) strike-slip fault
8) reverse fault
9) right lateral (dextral)
10) left lateral (sinistral)
11) horst
12) graben
13) slickenside
14) fault Breccia
15) fault line
16) systematic or nonsystematic joints
17) crak
18) joint set
19) rose diagram
20) shear joints
21) extension joints
22) release joint
23) exfoliation (sheeting joint)
24) fissures
25) vein
26) unconformity
27) disconformity
28) angular – unconformity.
29) nonconformity
30) concordant
31) discordant
32) lava flow
33) volcanic ash
34) tuff
35) pyroclastic rocks
36) sills
37) dyke
38) volcanic agglomerate
39) plutons
40) intrusives.
41) diapir
42) batholith
43) lopolith
44) laccolith
45) Sudbury
46) Bushveld
47) synform
48) stoks
49) contact metamorphism
50) aureole