خلاصه

در اثر عملکرد متقابل مواد تشکیل پوستهٔ زمین با فرآیندهای تغییر شکل دهنده بیرونی و درونی، شکل و ساختمانهای زمین‌شناسی متنوعی به وجود می‌آید. یکی از وظایف اصلی زمین شناسان، شناسایی و تعبیر و تفسیر این ساختها در صحرا، و به نقشه درآوردن آنهاست. از مهمترین ساختهای زمین‌شناسی می‌توان لایه چین، شکستگی، ناپیوستگی و بالاخره ساختهای ویژه‌ای را نام برد که در سنگهای آذرین و دگرگونی ایجاد می‌شوند.

ساختمانهای زمین‌شناسی در هر سه گروه اصلی سنگها، یعنی سنگهای آذرین، دگرگونی و رسوبی و همچنین در مواد منفصلی مانند خاک به وجود می‌آیند. البته از این میان، ساختهایی که در سنگهای رسوبی و لایه لایه ایجاد می‌شوند، از تنوع بیشتری برخوردارند و برای شناسائی روابط زمین شناسی حاکم در طبیعت، بیش از بقیه، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در نوشته حاضر، تکنیکهای اساسی شناسایی عملی ساختهای زمین‌شناسی، در صحرا و در روی نقشه، به زبانی ساده و تصویری ارائه شده است. البته باید توجه داشت که به دست آوردن مهارت در این زمینه، نیاز به تجربه عملی در طبیعت و کار صحرایی مداوم دارد.

نوشته:

حسین معماریان

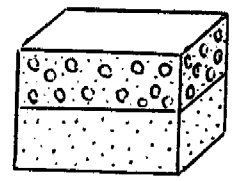
شناسائی عملی ساختهای زمین‌شناسی در صحرا و نقشه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

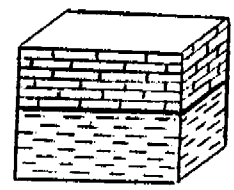
۱ ــ لایه بندی

مواد حاصل از هوازدگی و فرسایش سطح زمین توسط عوامل متعددی چون آب جاری، نیروی ثقل و باد از بلندیها به نواحی پست و حوضه‌های رسوبی حمل شده و به تدریج ته نشین می‌شوند. یکنواخت نبودن شرایط رسوبگذاری در زمانهای مختلف باعث می‌شود که لایه‌هایی از رسوبات دارای مشخصات و ضخامتهای متفاوت به روی هم قرار گیرند. رسوبگذاری متوالی مواد باعث می‌شود که همواره لایه‌های بالایی، از نظر سنی، جوانتر از لایه‌های زیرین باشند. لایه‌های رسوبی، با گذشت زمان، و در اثر عملکرد فرایندهای مختلف، به تدریج سفت و سخت شده و انواع سنگهای رسوبی را می‌سازند. بد نیست بدانیم که قسمت اعظم سنگهای رسوبی در محیط آب ته نشین شده، و تنها بخش کوچکی از آنها در محیطهای خشکی تشکیل شده‌اند. در سنگهای رسوبی، شناسایی یک لایه[1] از لایه‌های مجاور، اغلب به سادگی صورت نمی‌گیرد. تا حدی که گاه سطوح منظم ناشی از شکستگی سنگ (سطوح درز)، و یا ساختهای فرعی داخل لایه، با لایه‌بندی[2] اشتباه می‌شود. زمین‌شناسان برای تشخیص و جدا کردن یک لایه از لایه مجاور از نشانه‌های مختلفی استفاده می‌کنند که برخی از مهمترین آنها در جدول (۱) آمده است.

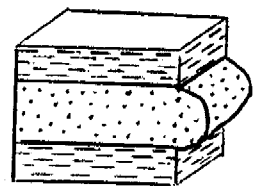
جدول (۱) نشانه‌های تفکیک لایه‌ها از یکدیگر



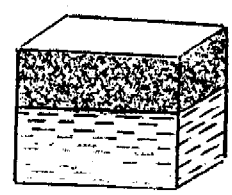
الف) اختلاف در اندازه ذرات دو لایه مجاور مانند مجاورت یک لایه کنگلومرایی در کنار یک لایه ماسه سنگی.



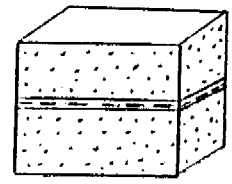
ب) اختلاف در جنس دو لایه مجاور، مانند وجود یک لایه رسی در کنار یک لایه آهکی.



ج) اختلاف در سختی دو لایه مجاور، که معمولاً از تفاوت جنس آنها ناشی شده و باعث می‌شود که لایه‌های مختلف در مقابل فرسایش، مقاومت متفاوتی را نشان دهند. مانند وجود لایه‌های متناوب مارن و ماسه سنگ. در اینجا مارنها سریعتر فرسایش یافته و در نتیجه لایه‌های ماسه سنگی حالتی برآمده به خود می‌گیرند.



د) اختلاف در رنگ، که آن نیز متأثر از اختلاف در جنس و ترکیب شیمیایی است. مانند مجاورت یک لایهٔ سیاه و براق زغال سنگ در کنار یک لایه رس خاکستری. باید توجه داشت که اختلاف رنگ به تنهایی عاملی تعیین کننده نیست، چون گاه بخشهای مختلف یک لایه نیز به رنگهای متفاوتی دیده می‌شود.



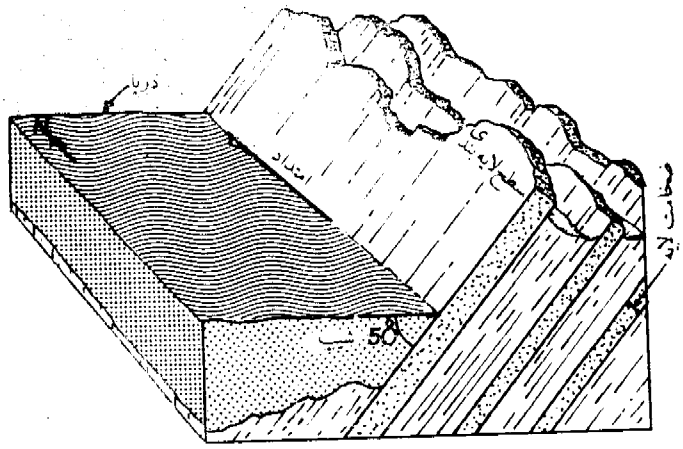
ه) جدا شدن لایه‌های ضخیمتر، توسط لایه‌های نازکی که گاه ضخامت آنها در حد میلیمتر است. مانند جدا شدن دو لایه ماسه سنگی توسط یک لایه یا قشر نازک رس.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

به‌طور کلی، یک لایه را می‌توان به صورت ورقه‌ای که گسترش دو بعد آن از بعد سوم بیشتر است، در نظر گرفت. یک لایه ممکن است در تمام قسمتها از نظر جنس، ساختمان و ضخامت، یکنواخت بوده، و یا اینکه تغییراتی در آن دیده شود. هر لایه دارای یک سطح فوقانی (سقف) و یک سطح تحتانی (کف) است. مجموعه سقفها و کفها، در یک توالی رسوبی، سطوح لایه بندی[3] را تشکیل می‌دهند. گرچه ممکن است ضخامت یک لایه متغیر باشد، ولی معمولاً در فواصل کم، ضخامت آن را ثابت فرض کرده و در نتیجه سقف و کف لایه را موازی هم در نظر می‌گیریم.

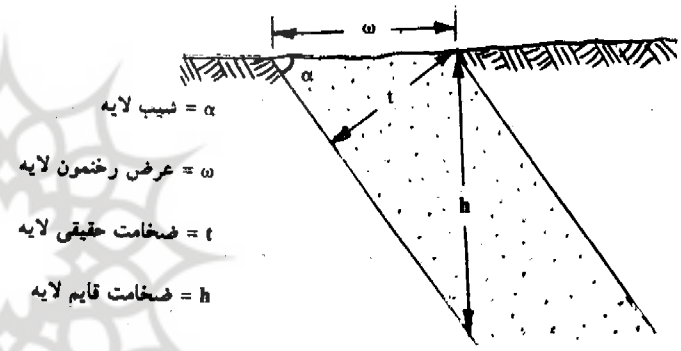
لایه‌ها ممکن است در اثر عملکرد فرآیندهای گوناگون از حالت افقی خارج شوند. وضعیت هر لایه، یا هر ساخت صفحه‌ای دیگر در فضا، توسط شیب و امتداد آن مشخص می‌شود. به جهت‌یابی فصل مشترک سطح لایه با یک سطح فرضی افقی، امتداد[4] لایه گفته می‌شود. شیب حقیقی لایه[5] عبارت از زاویه‌ای است که سطح لایه با سطح افق، در جهتی عمود بر امتداد آن می‌سازد (شکل ۱). در واقع شیب حقیقی، بزرگترین زاویه‌ایست که سطح لایه با سطح افق می‌سازد. کلیه شیبهایی که در جهتی غیر از جهت عمود بر امتداد لایه اندازه‌گیری شوند، شیب ظاهری[6] نامیده می‌شوند. باید اضافه کرد که هر جا واژه شیب به تنهایی به کار رود، منظور شیب حقیقی است.

یکی دیگر از مشخصات هندسی هر لایه ضخامت آن است. ضخامت عمودی[7] لایه در جهت عمود بر سطح لایه بندی اندازه گیری میشود. در واقع کوتاهترین فاصلهٔ بین سطوح فوقانی و تحتانی لایه



شکل ۱ ــ مشخصات هندسی لایه‌ها. در اینجا لایه‌ها دارای امتداد شمالی جنوبی و شیبی معادل ۵۰ درجه به سمت غرب هستند.

است. در صحرا، در صورتی که نتوان مستقیماً ضخامت حقیقی لایه را تعیین کرد، می‌توان با اندازه‌گیری عرض بیرونزدگی (رُخنمون) لایه و مقدار شیب آن، ضخامت لایه را توسط معادله ساده زیر به دست آورد.



$$t = \omega \sin\alpha$$

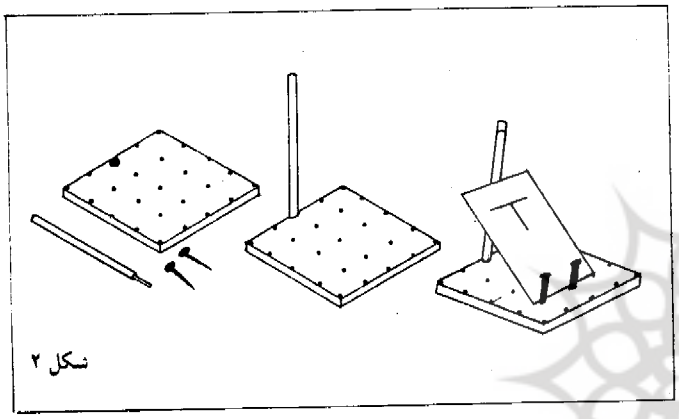
$$h = \omega \operatorname{tg}\alpha$$

معادله فوق تنها زمانی صادق است که سطح زمین افقی باشد. در حالاتی که سطح توپوگرافی شیبدار است، بسته به مقدار و جهت شیب لایه، روشهای متفاوتی برای تعیین ضخامت حقیقی لایه وجود دارد. ضخامت حقیقی لایه را هم چنین می‌توان مستقیماً از روی نیمرخ زمین‌شناسی نیز به دست آورد. به شرط آنکه نیمرخ در جهتی عمود بر امتداد لایه رسم شده و مقیاسهای افقی و قایم آن نیز مساوی باشد.

سنگهای رسوبی را می‌توان از روی ضخامت لایه‌هایشان به انواع زیر تقسیم کرد:

ــ ورقه‌ای: در حد میلیمتر
ــ نازک لایه: در حد سانتیمتر
ــ متوسط لایه: در حد دسی متر
ــ ضخیم لایه: در حد متر
ــ توده‌ای: از چند متر به بالا

برای آشنایی بیشتر با مفاهیم شیب، امتداد و ضخامت لایه، و روش اندازه‌گیری آنها، می‌توانیم وسیلهٔ ساده زیر را در منزل تهیه کنیم. یک تخته یا فیبر مربع شکل به ابعاد ۳۰ سانتیمتر را برداشته در روی آن به فواصل ۴ سانتیمتر سوراخهایی ایجاد می‌کنیم. سپس در وسط یکی از اضلاع آن یک چوب یا میله استوانه‌ای به ارتفاع ۴۰ سانتیمتر می‌کوبیم، و یا پیچ می‌کنیم. با قرار دادن دو میخ در دو سوراخ تختهٔ وگذاردن یک تکه تخته ۱۰×۳۰ سانتیمتری در فاصلهٔ بین آنها و میله قائم، یک لایهٔ شیبدار ساخته میشود، که می‌توان شیب و امتداد آن را اندازه‌گیری کرد (شکل ۲). با تغییر محل میخها، موقعیت و در نتیجه شیب و امتداد لایهٔ فرضی تغییر می‌کند. با همین ابزار ساده می‌توان مفاهیم دیگری مانند شیب ظاهری ضخامت حقیقی و ظاهری و ضخامت قایم لایه را نیز مورد بررسی قرار داد.



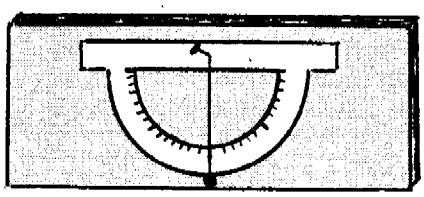
شکل ۲

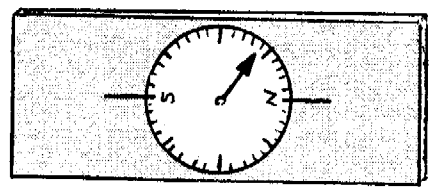
زمین‌شناسان مقادیر شیب و امتداد را با دستگاه ساده‌ای به نام کمپاس[۸] تعیین می‌کنند. در شرایطی که کمپاس در دسترس نباشد اندازه‌گیریها را می‌توان با ابزارهای ساده دیگری نیز انجام داد. برای تعیین امتدادها و جهتها می‌توانیم از یک قطب نمای معمولی استفاده کنیم. به این منظور قطب‌نما را در روی یک تکه تخته مستطیل شکل نصب می‌کنیم، به نحوی که خطی که از وصل کردن نشانه‌های شمال و جنوب در روی قطب‌نما به دست می‌آید به موازات ضلع بزرگتر مستطیل باشد (شکل ۳). برای پیدا کردن امتداد لایه با این دستگاه، ابتدا خط نمایش دهنده امتداد را در روی سطح لایه رسم می‌کنیم بعد ضلع بزرگتر مستطیل چوبی را در حالی‌که به صورت افقی است به موازات این خط قرار داده و در روی قطب‌نما، زاویه‌ای را که عقربه با جهت شمال قطب‌نما می‌سازد، معین می‌کنیم. توسط این زاویه امتداد لایه در فضا مشخص می‌شود. در شکل ۳ امتداد لایه N – 30°-W است، یعنی اینکه امتداد لایه با امتداد شمال زاویه‌ای ۳۰ درجه در سمت غرب می‌سازد. معمولاً شیب و امتداد یک لایه را با کسری نشان می‌دهند که صورت آن امتداد لایه، و مخرج آن شیب لایه است. به عنوان مثال شیب و امتداد لایه ماسه سنگی در گوشهٔ سمت راست و

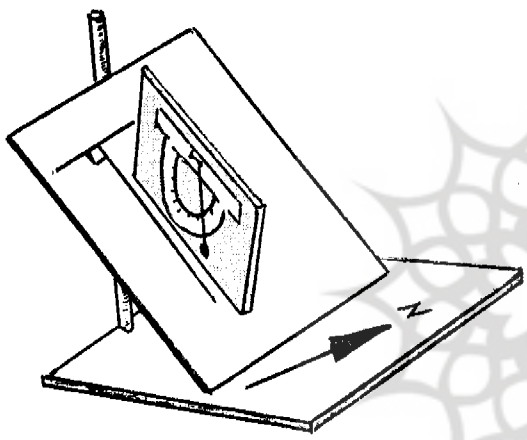
پایین شکل ۵ عبارتست از:

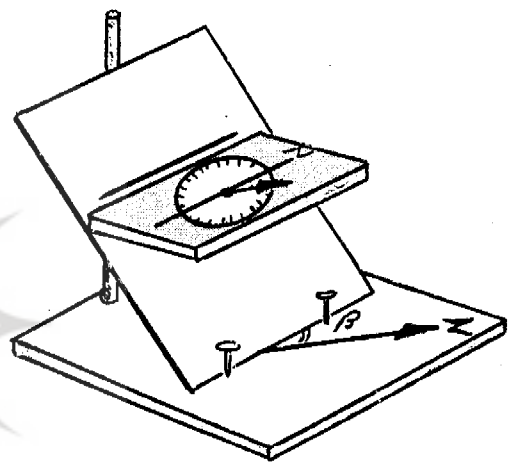
$$\frac{N-45^{\circ}-W}{75^{\circ}NE}$$

برای تعیین مقدار شیب نیز می‌توانیم دستگاه ساده دیگری بسازیم. یک نقاله ۱۸۰ درجه را در روی یک تکه چوب مستطیل شکل به ابعاد ۱۰×۳۰ سانتیمتر می‌چسبانیم، به نحوی که لبه نقاله به موازات ضلع بزرگتر مستطیل چوبی باشد. حال در مرکز نیمدایره نقاله میخ کوچکی نصب کرده و به آن یک تکه نخ می‌بندیم و به انتهای دیگر نخ نیز یک وزنه کوچک می‌آویزیم. به این ترتیب شیب سنج ما تکمیل می‌شود. در صحرا پس از رسم امتداد در روی سطح لایه، خطی عمود بر آن رسم می‌کنیم و با قرار دادن لبه شیب‌سنج به روی این خط مقدار شیب لایه را در محل تقاطع نخ آویخته شده با درجات نقاله می‌خوانیم (شکل ۴). در روی نقشه امتداد لایه را با یک خط و جهت شیب را با خط کوچکی عمود بر آن نشان می‌دهند و مقدار شیب را در کنار آن می‌نویسند. در شکل ۵ برخی از نشانه‌های استاندارد نمایش لایه‌بندی در نقشه‌ها، آورده شده است.



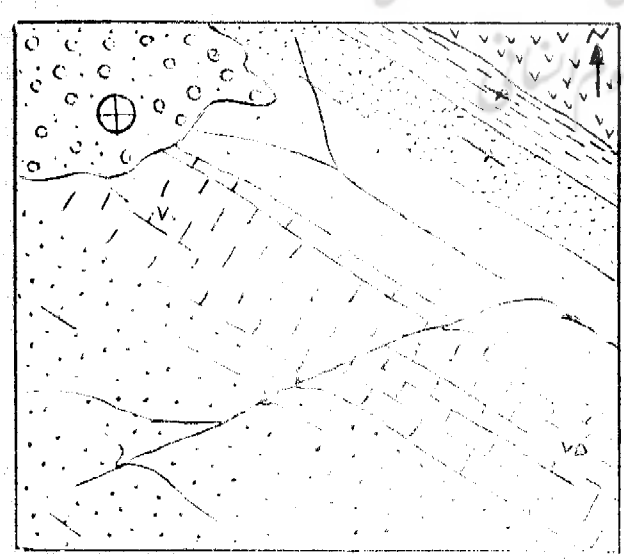






شکل ۳ ــ تعیین امتدادها و جهتها با استفاده از قطب‌نمایی که روی یک قطعه چوب سوار شده است.

شکل ۴ ــ ساختمان و طرز کار یک شیب‌سنج ساده



شکل ۵ ــ نشانه‌های نمایش شیب و امتداد لایه در نقشه

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

هر جا که سطح زمین عاری از گیاه، رسوب یا خاک باشد، لایه‌های سنگی در سطح رخنمون پیدا می‌کنند. شکل و مقدار رخنمون یک لایه در سطح زمین توسط سه عامل زیر کنترل می‌شود.

۱) ضخامت لایه

۲) مقدار و جهت شیب لایه

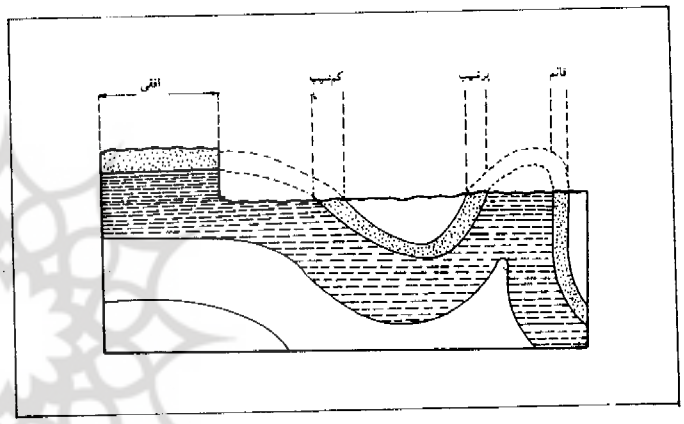
۳) مقدار و جهت شیب توپوگرافی

با فرض ثابت بودن ضخامت لایه، با تغییر مقدار و جهت شیب آن و شیب توپوگرافی حالات زیر به وجود می‌آید:

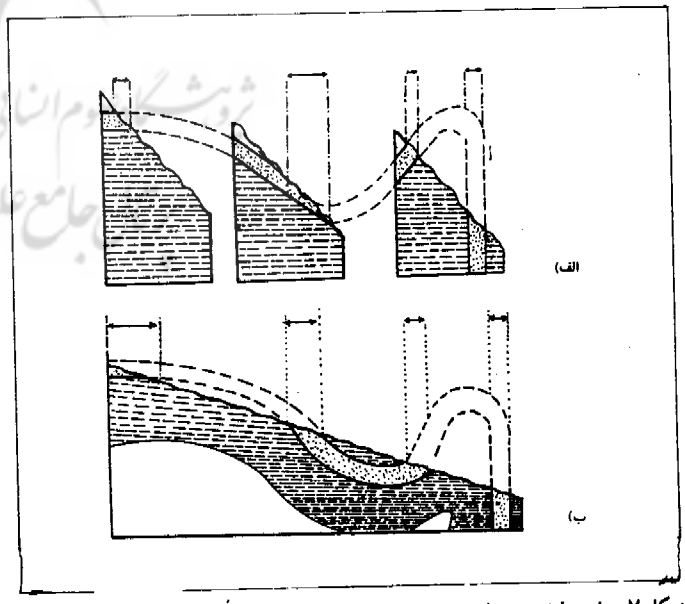
الف) در حالتی که سطح زمین افقی باشد، هر چه شیب لایه کمتر شود، عرض رخنمون آن بیشتر خواهد شد (شکل ۶).

ب) در حالتی که سطح زمین شیب‌دار باشد.

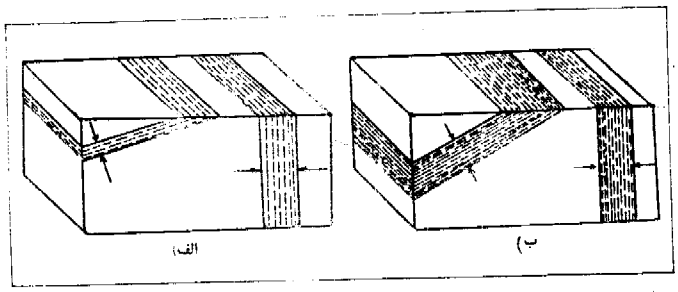
ـ عرض رخنمون لایهٔ افقی، با افزایش شیب توپوگرافی، کاهش می‌یابد (شکلهای ۶ الی ۱۱)



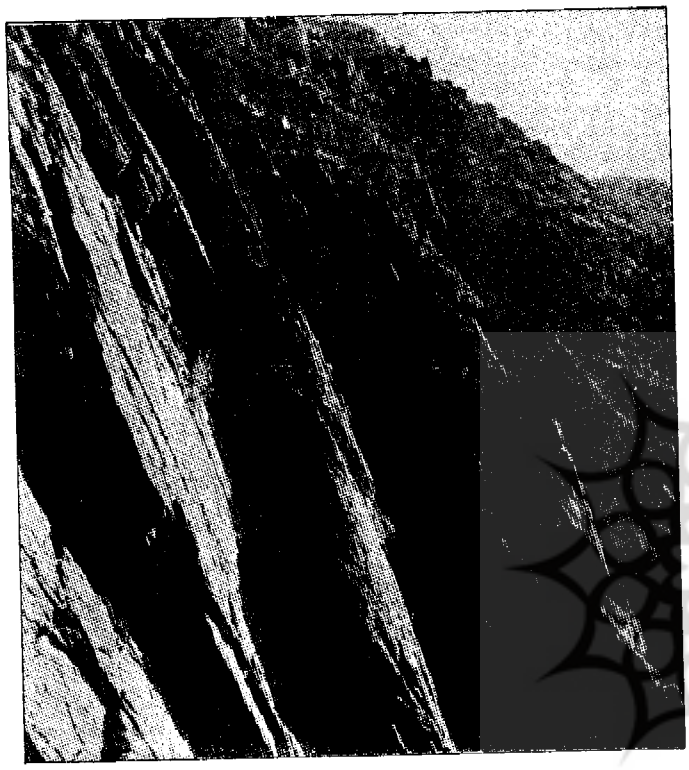
شکل ۶ ـ نیمرخ زمین‌شناسی، نمایش دهنده رابطه شیب لایه با عرض رخنمون، در جایی که سطح توپوگرافی افقی است.



شکل ۷ ـ نیمرخ زمین‌شناسی، نمایش دهنده رابطهٔ عرض رخنمون با شیب لایه در حالتی که سطح زمین‌شیب‌دار است.
الف) شیب سطح زمین زیاد ب) شیب سطح زمین کم.

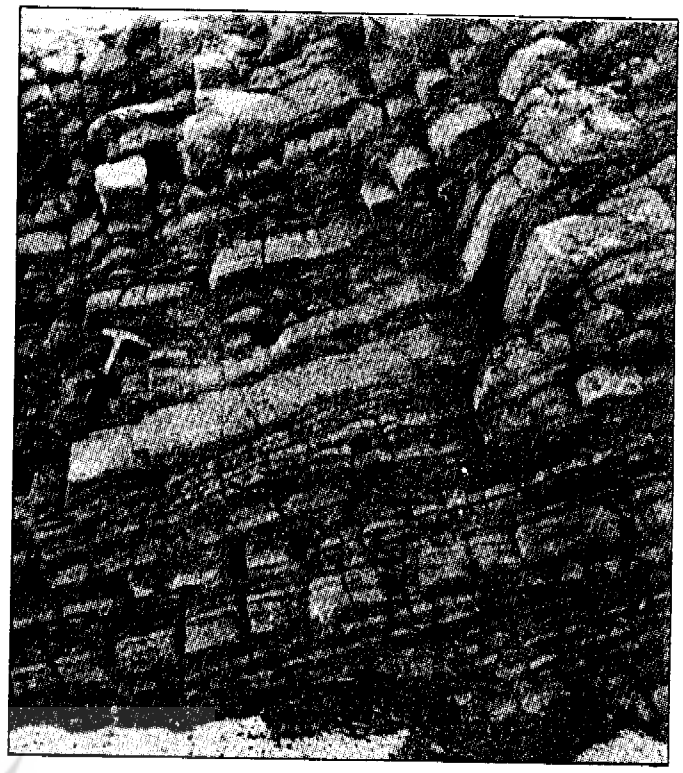


شکل ۸ ـ رابطه شیب و ضخامت لایه با عرض رخنمون (ضخامت ظاهری)
الف) عرض رخنمون مساوی در دو لایه با ضخامتهای مختلف
ب) عرض رخنمون متفاوت در دو لایه هم ضخامت



شکل ۹ ـ لایه‌بندی در ماسه سنگ (جاده زرند کرمان به معدن زغالسنگ بابدانا)

شکل ۱۰ ـ لایه‌های افقی و نسبتاً کم ضخامت در رسوبات مارنی و ماسه سنگی شمال بندر عباس

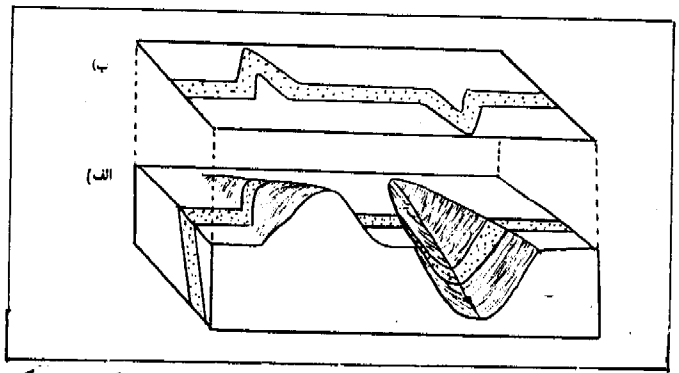


شکل ۱۱ ــ تناوبی از لایه‌های نازک مارن و لایه‌های نسبتاً ضخیمتر سنگ آهک (مسیر کاشان ــ نطنز)

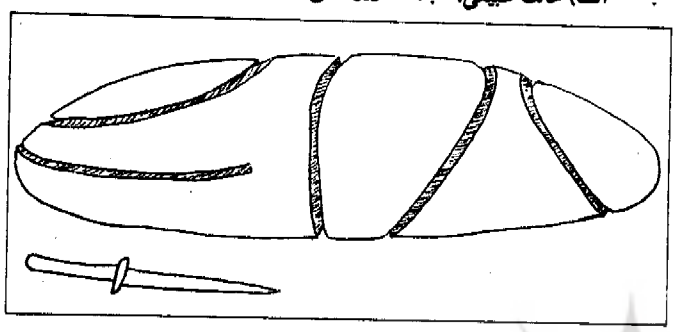
ــ هرچه زاویهٔ بین سطح توپوگرافی و سطح لایه بندی به ۹۰ درجه نزدیکتر شود، عرض رخنمون لایه کمتر می‌شود (شکل ۷)

ــ عرض رخنمون لایه قایم، بدون توجه به شیب توپوگرافی، همواره یکسان است. این مقدار ضخامت حقیقی لایه بوده و می‌توان آن را مستقیماً در روی نقشه اندازه گرفت.

تغییر در مقدار شیب لایه و شیب توپوگرافی، علاوه بر آنکه عرض بیرونزدگی را تغییر می‌دهد، در شکل بیرونزدگی لایه نیز تأثیر می‌گذارد. به این ترتیب لایه‌های افقی یا شیبدار، وقتی از زمین‌های صاف و هموار به برجستگیها یا فرورفتگیهای سطح زمین می‌رسند از مسیر مستقیم خارجی می‌شوند و به شکل حرف V لاتین درمی‌آیند (شکل ۱۲). با توجه به نحوهٔ رخنمون یک لایه در روی زمین‌های ناهموار، به سادگی می‌توان جهت شیب لایه‌ها را تعیین کرد. اشکالی که به این نحو در سطح زمین، مثلاً در محل برخورد لایه‌ها با دیواره یک دره، ایجاد می‌شود. از پنج حالت کلی خارج نیست. در جدول (۲) این پنج حالت که به نام قانون V نیز موسومند با یکدیگر مقایسه شده‌اند. برای اینکه درک بهتری از این قانون به دست آوریم می‌توانیم یک نان بلوکی (نان ساندویچی) را برداشته و با چاقو برشهائی در جهات مختلف در آن ایجاد کنیم. در این مثال نان بلوکی معرف یک برجستگی، و برشهای ایجاد شده در آن، معرف لایه‌هاست. (شکل ۱۳)

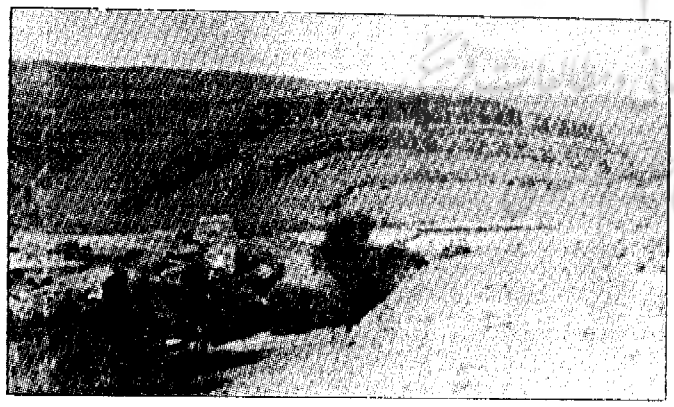


شکل ۱۲ ــ شکل بیرونزدگی یک لایه شیبدار در زمین هموار، محل یک دره، و یک تپه الف) حالت طبیعی، ب) تصویر افقی (نقشه).



شکل ۱۳ ــ برشهای مختلف ایجاد شده توسط چاقو در یک نان بلوکی. در صورتی که نان بلوکی معرف یک تپه و برشها معرف لایه‌هایی باشند. شکل رخنمون آنها را با یکدیگر مقایسه کنید. این اشکال چه تفاوتهایی با رخنمون لایه‌ها در یک دره (جدول ۲) دارند؟

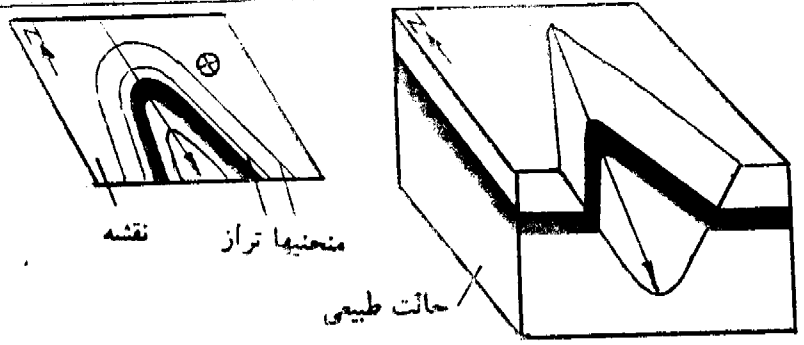
همان گونه که دیدیم، چین‌خوردگی باعث می‌شود که لایه‌ها از حالت افقی خارج شوند (شکل ۱۴). در صورتی که شدت چین‌خوردگی زیاد باشد ممکن است لایه‌ها حالت برگشته به خود بگیرند. به نحوی که سقف آنها در زیر و کف آنها در بالا قرار گیرد. در



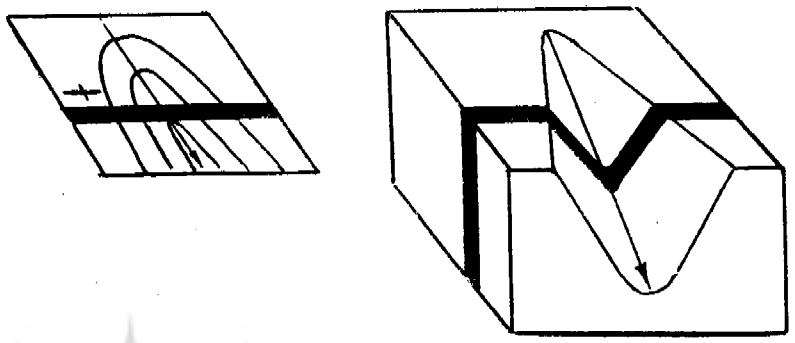
شکل ۱۴ ــ رخنمون لایه‌های شیبدار در یک زمین ناهموار

این گونه موارد، یکی از وظایف کاوشگر، تعیین بالا و پایین حقیقی لایه است. به این وسیله می‌توان از عادی بودن حالت لایه و یا برگشتگی آن اطلاع حاصل کرد. زمین‌شناسان از نشانه‌های متعددی برای تشخیص سقف و کف یک لایه استفاده می‌کنند. برخی از عمده‌ترین این نشانه‌ها در جدول (۱) آمده است.

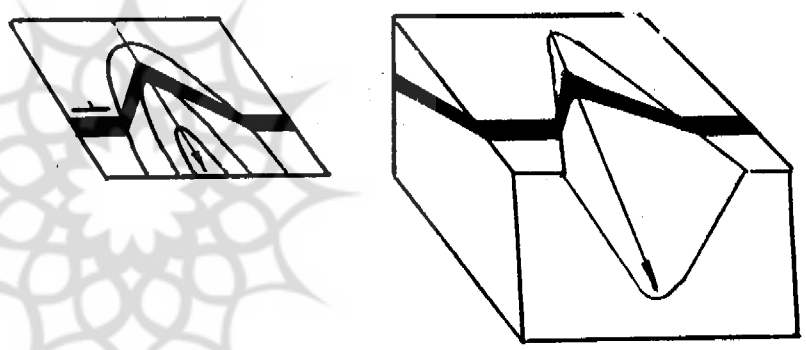
جدول (۲) اشکال مختلف رخنمون یک لایه در محل یک دره (قانون V)



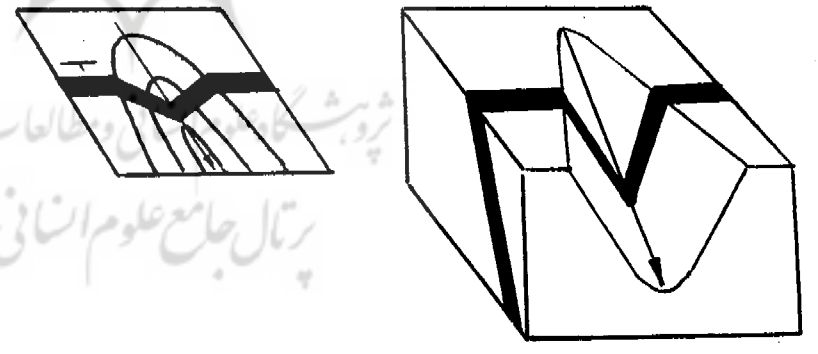
الف) لایهٔ افقی: رخنمون لایه افقی در صحرا، به موازات سطح افق و در نقشه به موازات منحنیها تراز توپوگرافی حرکت می‌کند.



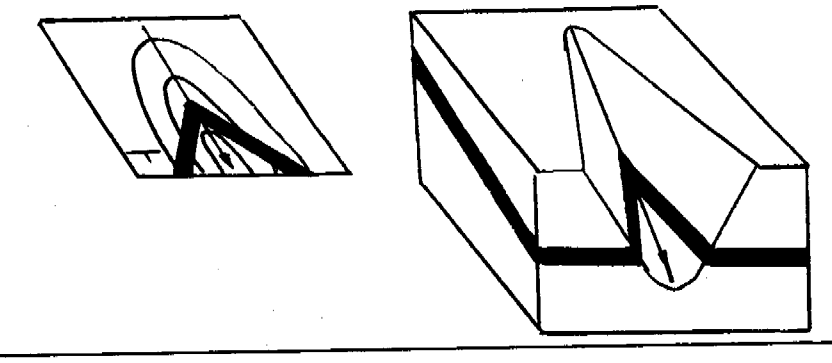
ب) لایهٔ قایم: رخنمون لایهٔ قایم، در هر شرایطی، در صحرا و در نقشه به صورت خط مستقیم است.



ج) لایه شیبدار: شیب لایه و شیب توپوگرافی در خلاف جهت هم است. رخنمون به صورت حرف V لاتین است که رأس حرف V جهت شیب لایه را نشان می‌دهد.



د) لایه شیبدار: شیب لایه و شیب توپوگرافی در یک جهت است ولی شیب لایه بیشتر از شیب توپوگرافی است. در این جا نیز راس حرف V جهت شیب لایه را نشان می‌دهد.



ه) لایه شیبدار: شیب لایه و شیب توپوگرافی در یک جهت است، ولی شیب لایه کمتر است. این تنها استثناءِ در قانون V است، چون راس حرف V خلاف جهت شیب را نشان می‌دهد

۱ ــ حالت طبیعی

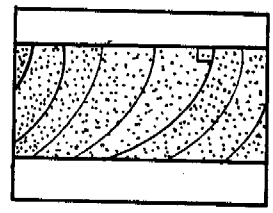
۲ ــ تصویر قائم (نقشه)

جهت حرکت رودخانه رخنمون لایه

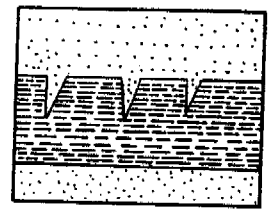
منحنیها ترازتوپوگرافی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

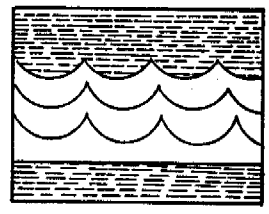
جدول (۳) نشانه‌های تشخیص بالا و پایین (سقف و کف) لایه.



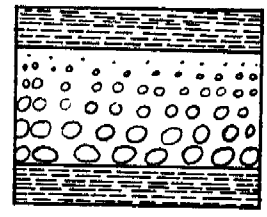
الف) لایه‌بندی متقاطع:[۹] ساختی است که در اثر شرایط ویژه محیط رسوبگذاری، در داخل لایه‌های سنگی به وجود می‌آید. این گونه ساختهای داخلی، معمولاً در قسمت زیرین، با کف لایه مماس است. ولی در سقف لایه با شیب زیاد توسط لایهٔ فوقانی قطع می‌شود.



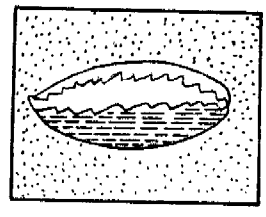
ب) ترکهای کلی[۱۰]: این ساختها در سطح فوقانی لایه‌های دانه ریز، مخصوصاً رسها ایجاد می‌شود. ترکها زمانی ایجاد می‌شود که رسوبات تازه تشکیل شده در مجاورت هوا قرار گرفته و در اثر از دست دادن آب منقبض شوند. این ترکها که بعداً توسط رسوبات لایه فوقانی پر می‌شوند، به سمت کف لایه نازک می‌شوند.



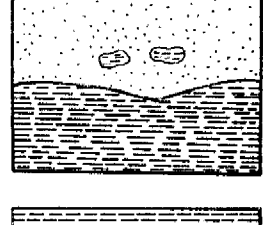
ج) ریپل مارکهای نوسانی[۱۱]: سطح لایه‌هایی که در اعماق کم دریا و یا جاهای مشابه گذارده می‌شوند، تحت تأثیر عمل یکنواخت رفت و برگشت امواج، حالتی موج مانند به خود می‌گیرند. معمولاً قسمت نوک تیز رأس این اشکال موجی به سمت سقف لایه است.



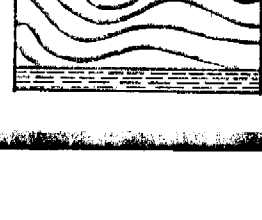
د) **لایهٔ دانه‌بندی شده:**[۱۲] در زمان رسوبگذاری گروهی از سنگهای تخریبی، ذرات درشتتر که سنگینترند، اول رسوب می‌کنند و به سمت سقف لایه، دانه‌ها به تدریج ریزتر می‌شوند.



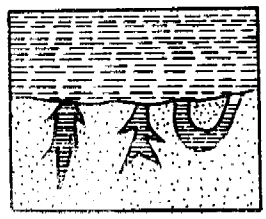
ه) پرشدگی ثانوی قسمتی از حفرات و صدفها از رسوبات: در اینجا معمولاً بخش زیرین حفره، که به سمت کف لایه است، توسط رسوبات ثانوی پر می‌شود. علاوه بر این گونه پر شدگیها، سطح داخلی حفرات موجود در سنگ، در اثر عمل رسوبگذاری آبهای زیرزمینی اغلب از بلورهای کلسیت پوشیده می‌شود.



و) وجود تکه‌هایی از لایهٔ قدیمتر در بخش زیرین لایهٔ جدیدتر



ز) به هم خوردگی و یا چین خوردگی سطح لایه که معمولاً توسط لایهٔ فوقانی قطع می‌شوند:[۱۳] این ساخت معمولاً در سنگهایی که دانه‌هائی به اندازهٔ ماسه ریز و سیلت درشت دارند، ایجاد می‌شود. این ساختمان بیشتر در اثر اغتشاشات محیط رسوبگذاری (مانند لغزش رسوبات در زیر آب)، ایجاد می‌شود.



ح: اثرات ریشه درختان و گیاهان در پر شدگیهای حفر شده و سوراخهایی که توسط جانوران حفار در سطح لایه ایجاد می‌شود. این ساختها معمولاً در مقاطع دیده می‌شوند.

ط) علاوه بر آنچه گفته شد، نشانه‌های دیگری مانند نحوهٔ قرارگیری صدفها و دیگر جانوران کف زی، اثرات هوازدگی و فرسایش در سطح فوقانی لایه‌هایی که برای مدتی در مجاورت هوا گرفته‌اند، اثر قطرات باران و تگرگ بر روی سطح رسوبات دانه ریز و جای پا و اثرات حرکت خزندگان در سطح لایه نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

ـ شن و ذرات درشتتر از آن

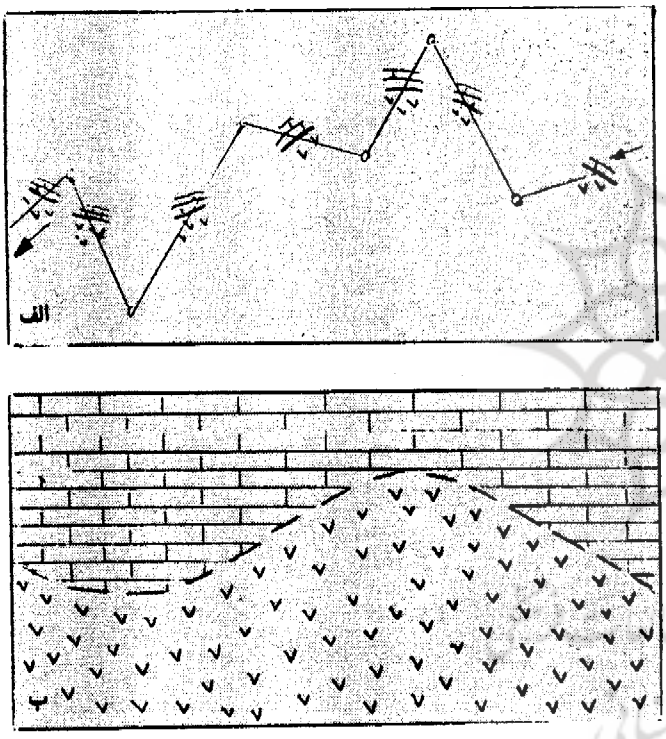
ـ ماسه سنگ

ـ سنگ رسی

در روی نقشه، خطی که دو لایه یا دو گروه از لایه‌ها را از هم جدا می‌کند، همبری،[15] نامیده می‌شود. در روی اغلب نقشه‌ها، به دلیل مقیاس کوچکشان، تک تک لایه‌ها، را نمی‌توانیم نشان دهیم. از این روست که به جای نشان دادن لایه‌ها، واحدهای سنگی را به نقشه در می‌آوریم. یک واحد سنگی، مجموعه‌ای از لایه‌هایی را که دارای خواص سنگ‌شناسی و زمانی ویژه‌ای است، در بر می‌گیرد. در روی نقشه‌های رنگی، خطوط همبری، که لایه‌ها و یا واحدهای سنگی را از هم جدا می‌کند، معمولاً به رنگ سیاه نمایش داده می‌شود.

در جاهایی که زمین‌شناسی پیچیده است و یا در محلهایی که جنس سنگها نسبتاً یکنواخت است. مجبوریم برای نمایش بهتر زمین‌شناسی منطقه یک لایه را که دارای مشخصات بارزی است در روی نقشه نشان دهیم. این گونه لایه‌ها، که لایه کلید نیز نامیده می‌شوند، بدون توجه به مقیاس، و به صورت خط یا نواری نازک در روی نقشه رسم می‌شوند. یک لایه زغال سنگ و یا یک لایه حاوی فسیلی مشخص می‌توانند لایهٔ کلید به حساب آیند. در صحرا، وجود یک یا چند لایه کلید می‌تواند راهنمای مناسبی برای تعبیر و تفسیر زمین‌شناسی منطقه باشد.

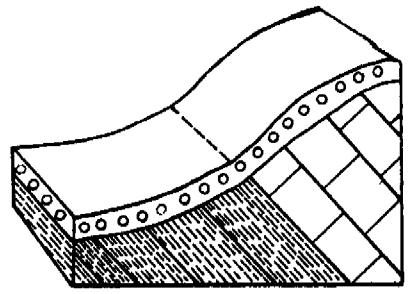
در بسیاری از نقاط، بخشهایی از سطح زمین با رسوبات، واریزه، خاک و یا گیاهان پوشیده شده است. از این رو است که نمی‌توان همبری بین دو واحد سنگی و یا تداوم یک لایه کلید را در صحرا کاملاً دنبال کرد. در این گونه موارد با حرکت زیگزاگی در سطح زمین، محل همبری را در چند نقطه دور از هم پیدا کرده و یا حدس می‌زنیم و بعد با اتصال این نقاط خط همبری را بازسازی می‌کنیم. (شکل ۱۵)



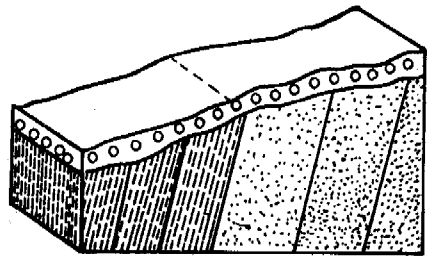
شکل ۱۵ ـ روش پیدا کردن همبری بین دو واحد سنگی در جایی که سنگها به طور کامل رخنمون ندارند.

تعیین محل همبریها، گسلها، چینها و دیگر ساختمانهای زمین‌شناسی در نقاطی که رخنمون سنگی کمی دارند، از جمله مناطق جنگلی و یا دشتهای پوشیده شده از رسوبات آبرفتی، معمولاً مشکل است. در این گونه موارد نیز زمین‌شناسان با استفاده از نشانه‌های خاصی محل همبری بین دو واحد سنگی را حدس می‌زنند. برخی از این نشانه‌ها در جدول (۴) آمده است.

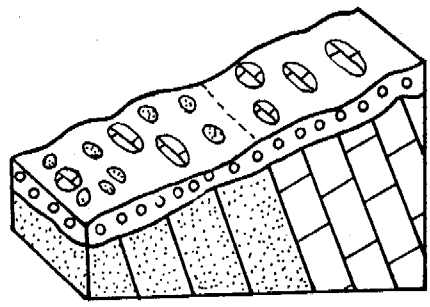
جدول ۴ تشخیص همبری بین دو واحد سنگی در زمینهای پوشیده



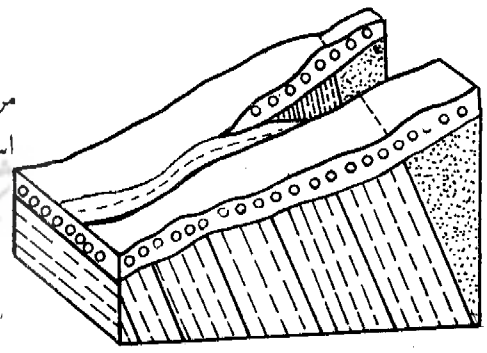
الف) تغییر در شیب سطح زمین که اغلب به دلیل هوازدگی و فرسایش متفاوت واحدهای سنگی مختلف ایجاد می‌شود.



ب) تغییر در رنگ و بافت خاک، یا رسوبات سطحی، و یا تغییر در نوع و تراکم پوشش گیاهی که معمولاً به دلیل اختلاف در جنس، تخلخل و نفوذپذیری و جذب رطوبت متفاوت دو واحد سنگی به وجود می‌آیند.

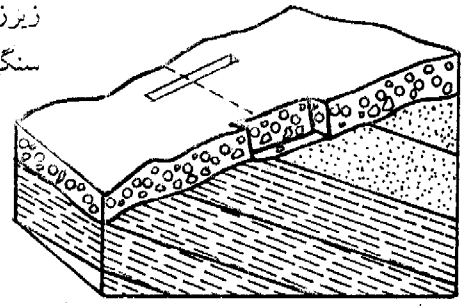


ج) وجود ذرات و قطعات سنگ بستر در رسوبات سطحی. این حالت بیشتر در دامنه‌ها قابل پیگیری است. به عنوان مثال در شکل مقابل اگر از سمت پایین دامنه به سمت بالا حرکت کنیم، محلی که قطعات ماسه سنگ در رسوبات سطحی تمام می‌شود، مرز (همبری) بین واحد ماسه سنگی و واحد آهکی است.



د) در جاهایی که پوشش سطحی ضخیم است می‌توان از دیواره دره‌ها و حفاریهای مربوط به معادن روباز، برش جاده‌ها و یا نمونه‌های خارج شده از چاههای آب و قنات‌ها استفاده کرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



ه) در جاهایی که هیچگونه نشانه‌ای از سنگ بستر در دست نیست باید با انجام اکتشافهای زیرزمینی (بررسیهای ژئوفیزیکی، حفر ترانشه، تونل و یا گمانه) وضعیت همبری بین واحدهای سنگی را در زیر پوشش سطحی تعیین کرد.

پوشش سطحی — سنگ آهک

سنگ رسی — ماسه سنگ

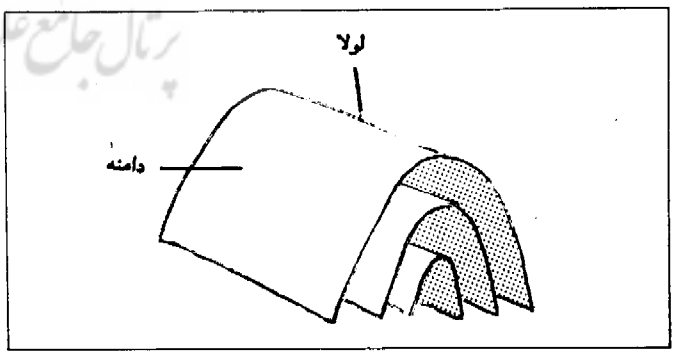
محل تقریبی همبری در سطح زمین.

۲ ـ چین‌خوردگیها

پوستهٔ سنگی زمین، به خلاف ظاهر سخت و شکننده‌اش، در برخی حالات می‌تواند بسیار انعطاف‌پذیر باشد. شاید یک مثال ساده بتواند این مسئله را تا حدی روشن کند. اگر یک خط کش کائوچویی را به سرعت خم کنیم مطمئناً خواهد شکست. ولی اگر همین خط کش را در دست گرفته و به تدریج از دو طرف به آن فشار وارد کنیم، بدون آنکه بشکند، خم خواهد شدودرصورتی که حوصله کافی به خرج دهیم، خواهیم توانست آن را کاملاً خم کرده و حتی چند دور آن را بپیچانیم. پس خط کش در اثر نیروی زیادی که در مدتی کوتاه بر آن وارد شود، به صورت شکننده عمل می‌کند و در اثر نیرویی به مراتب کمتر که در مدتی طولانی بر آن وارد شود، همانند جسمی خمیری تغییر شکل پیدا می‌کند. این مسئله در مورد یک میله آهنی یا یک شاخه درخت، و به طوری کلی همه اجسام طبیعی و مصنوعی دیگر نیز صادق است.

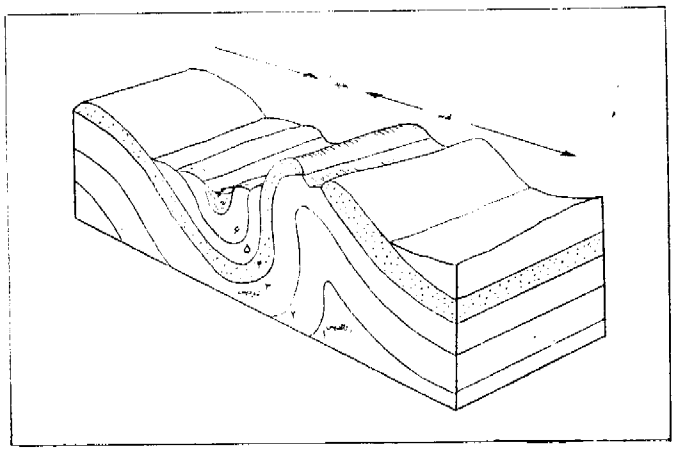
علاوه بر فشار، عوامل دیگری نیز هستند که می‌توانند در نحوهٔ تغییر شکل مواد تأثیر بگذارند. یکی از مهمترین این عوامل حرارت است. اگر خط کش را ابتدا روی شعله چراغ کمی حرارت دهیم، خواهیم دید که خاصیت شکنندگی آن کمتر شده، در مقابل نیروی کوچکی به راحتی تغییر شکل می‌یابد. حال ببینیم چگونه می‌توان نقش حرارت و فشار در تغییر شکل خط کش را با مسایل مربوط به تغییر شکل سنگهای سازنده پوسته زمین ارتباط داد.

می‌دانیم که هر ۱۰۰ متری که در سطح زمین پایین برویم، به طور متوسط ۳ درجه سانتیگراد بر دما افزوده خواهد شد. از اینرو در اعماق چند کیلومتری، سنگها بسیار گرم بوده و در همین حال وزن مواد فوقانی نیز فشار زیادی بر آنها وارد می‌کند. در چنین شرایطی لایه‌های



شکل ۱۶. بخشهای مختلف یک چین

سنگی در اثر نیروهای وارده، همانند اجسام خمیری عمل می‌کنند و طی میلیونها سال، در اثر نیروهایی که از جوانب بر آنها وارد می‌شود، به تدریج چین می‌خورند و اشکال زیبای [illegible][14] و ناودیس[17] را به وجود می‌آورند (شکل ۱۶). [illegible][18] و پهلو[19] است. لولای چین[20] خطی است فرضی در [illegible] لایه چین خورده که نقاطی را که دارای حداکثر انحناء هستند به هم وصل می‌کند. امتداد لولا، محور چین[21] نامیده می‌شود.



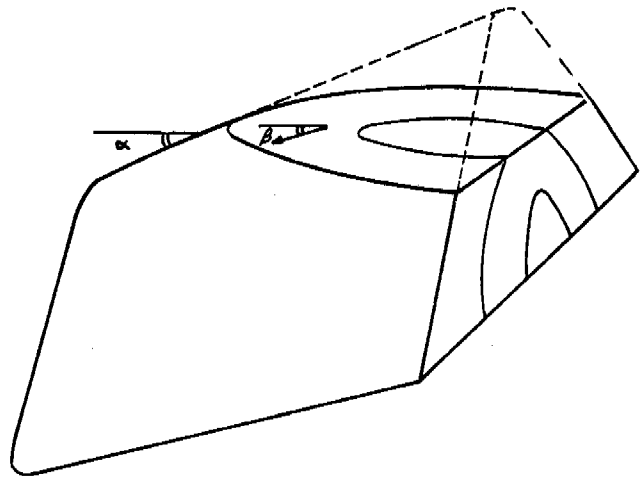
شکل ۱۷ رخنمون یک چین‌خوردگی. محور چین‌ها افقی است (لایه‌ها به ترتیب از ۱ به ۷ جدیدتر می‌شوند).

چینها، که معمولاً در اعماق زمین تشکیل می‌شوند، با گذشت زمان و در اثر فرسایش لایه‌های فوقانی، در سطح زمین رخنمون پیدا می‌کنند. رخنمون چینهایی که محورشان افقی است، در زمینهای هموار و بدون شیب، به صورت یک سری خطوط موازی هم، تظاهر می‌کنند. با این تفاوت که در تاقدیسها هر چه از لولای چین دور شویم، لایه‌ها جوانتر شده و در ناودیسها پیرتر می‌شوند (شکل ۱۷). در شرایطی که محور چین افقی، ولی سطح زمین دارای پستی و بلندی باشد، بسته به جهت و مقدار شیب توپوگرافی، شکل و مقدار رخنمون متفاوت خواهد بود.

محور چین را نیز مانند امتداد لایه، با زاویه‌ای که در سطح افق با جهت شمال می‌سازد، معرفی می‌کنیم. جهت محور چین، روند چین[22] نیز نامیده می شود. به عنوان مثال اگر گفته شود روند یک چین $N-10^{\circ}-E$ است، به این معنی است که تصویر محور یا لولای آن چین در سطح افق زاویه ۱۰ درجه در سمت شرق با شمال می‌سازد.

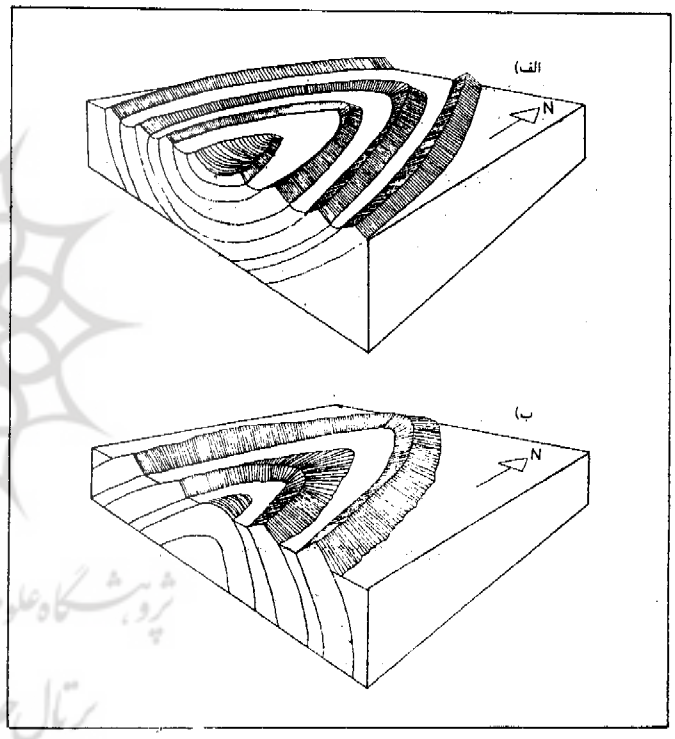
محور برخی از چینها افقی نیست. زاویه بین محور چین و سطح افق، زاویه میل[23] نام دارد. با توجه به آنچه که گفته شد، موقعیت محور یا لولای یک چین در فضا توسط دو نشانه: روند و زاویه میل، مشخص می‌شود(شکل ۱۸).

رخنمون چینهایی که محورشان افقی نیست، در زمینهای هموار به شکل ۷ یا ۸ است. یک تاقدیس و ناودیس مجاور هم که محور هر دو به یک سمت میل دارد در سطح زمین رخنمون جالب و زیگزاگ

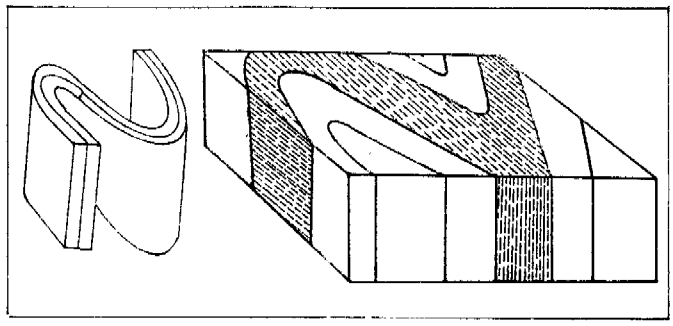


شکل ۱۸ روند (β) و میل (α) یک چین تاقدیسی.

مانندی پیدا می‌کنند (شکل ۱۹). چینهایی که زاویه میلشان ۹۰ درجه است به نام چین خنثی[۲۴] موسومند (شکل ۲۰)

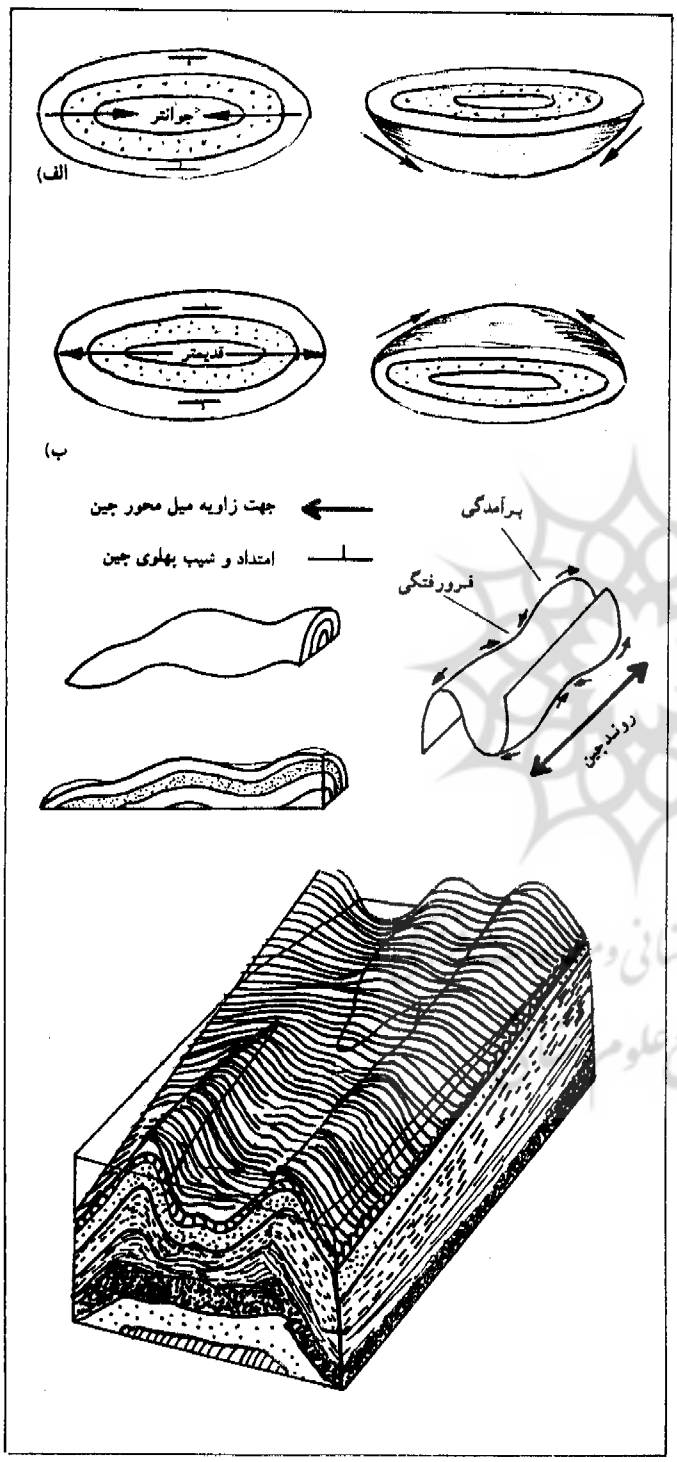


شکل ۱۹ رخنمون چینهایی که محورشان زاویه‌دار است.
الف) زاویه میل ناودیس به سمت جنوب
ب) زاویه میل تاقدیس به سمت شمال



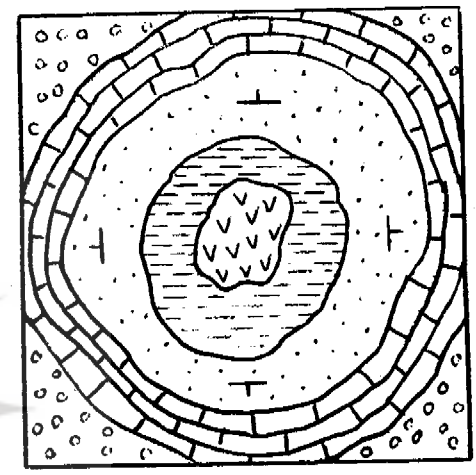
شکل (۲۰) رخنمون یک چین خنثی (زاویه میل ۹۰°).

در برخی حالات، لولا یا محور چین علاوه بر اینکه از حالت افقی خارج می‌شود، انحناء نیز پیدا می‌کند. در این گونه موارد بسته به جهت انحنای محور، چین خوردگی ممکن است به صورت برآمدگی[۲۵] و یا فرو رفتگی[۲۶] باشد و در نتیجه اشکال گنبدی و یا کاسه مانندی را بسازد (شکل ۲۱). به زبان دیگر محور این گونه چینها از دو سو شیب (میل) دارد.



شکل ۲۱ چین‌خوردگیهای که محورشان انحناء داشته و دارای زاویه میل متغیرند.

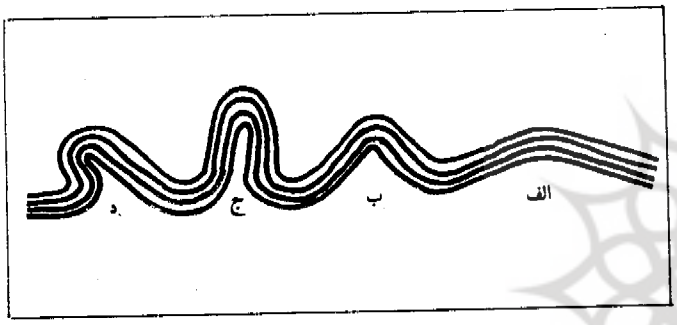
اندازه چینها از چند میلی متر تا دهها کیلومتر متغیر است. به عنوان مثال رخنمون تاقدیس آغاجاری که در جنوب ایران قرار دارد، دارای ۶۵ کیلومتر طول و ۸ کیلومتر عرض است. تاقدیس آغاجاری، که به صورت گنبدی کشیده (همانند نیمه یک خربزه) است، یکی از بزرگترین ذخایر نفتی کشور را در خود جای داده است. چینی که شیب دامنه‌های آن در تمام جهات به یک اندازه باشد، حالتی کاملاً متقارن دارد. این چینها فاقد محور و یا لولای چین هستند(شکل ۲۲). چین‌خوردگیهایی که در اثر فشار ناشی از تزریق و حرکت ماده مذاب و یا توده نمک به سمت لایه‌های فوقانی ایجاد می‌شوند، بیشتر به این شکلند. در نواحی جنوبی کشور ما، مخصوصاً در حوالی بندرعباس تعداد زیادی از این گونه تاقدیسهای قرینه که در اثر تزریق توده نمک ایجاد شده‌اند، دیده می‌شود.



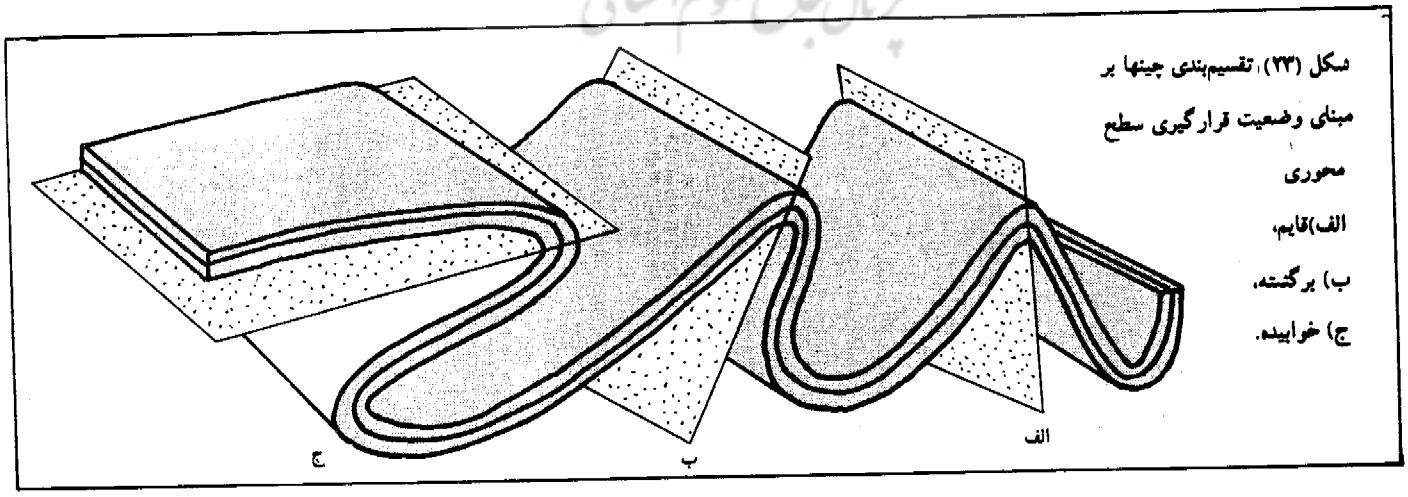
شکل ۲۲ نقشه یک گنبد نمکی

برای ادامه بحث مجبوریم، بار دیگر چینهای معمولی، یعنی آنهایی را که ساختمانی استوانه‌ای دارند، در نظر بیاوریم. همان گونه که پیشتر هم دیدیم هر لایه موجود در چین دارای یک لولاست. سطحی که از خطوط لولای لایه‌های متوالی چین می‌گذرد، سطح محوری[27] نام دارد (شکل ۲۳). باید توجه داشت که سطح محوری همواره یک سطح تقارن نیست. از این رو همیشه چین لایه قسمت کاملاً مساوی و مشابه که تصویر آینه‌ای یکدیگر باشند تبدیل نمی‌کنند. محل تقاطع سطح محوری با سطح زمین اثر محوری[28] نامیده می‌شود. اثر محوری در واقع تصویر لولا یا محور چین بر روی سطح زمین است.

چینها را می‌توان با توجه به جهت‌یابی محور، سطح محوری و شیب دامنه‌هایشان به گروههای مختلفی تقسیم کرد. چینی که فاصله سطح محوری از دو دامنه آن به یک اندازه باشد. چین متقارن[29] نامیده می‌شود و در غیر این صورت نامتقارن[30] است. چینها بر مبنای زاویه شیب سطح محوری به انواع قایم[31]، مایل[32]، برگشته[33] و خوابیده[34] تقسیم می‌شوند. در یک چین نامتقارن سطح محوری همواره به سمت دامنه‌ای که شیب آرامتری دارد، متمایل است (شکل ۲۳) چین‌ها را علاوه بر آن می‌توان از روی شدت و مقدار خم شدگی دامنه‌هایشان به انواع چین‌باز[35]، چین بسته[36]، و چین هم شیب[37] طبقه‌بندی کرد. در چین هم شیب دو پهلوی چین با هم موازیست (شکل ۲۴)

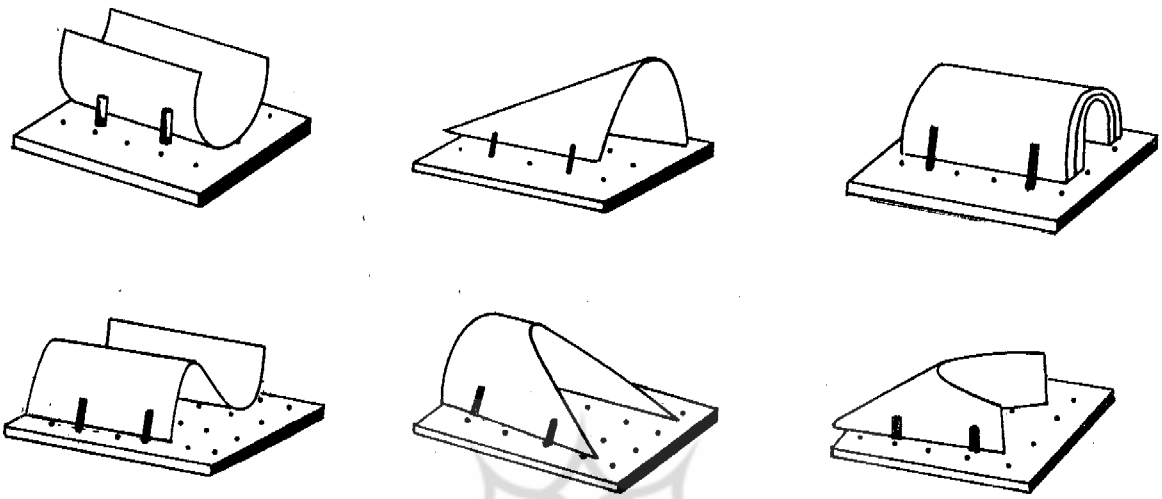


شکل (۲۴)
چند نمونه چین
الف) چین باز
(ب) چین بسته
(ج) چین هم شیب
(د) چین نامتقارن



شکل (۲۳) تقسیم‌بندی چینها بر مبنای وضعیت قرارگیری سطح محوری
الف)قایم،
ب) برگشته،
ج) خوابیده.

به نظر می‌رسد که بررسی چینها، می‌رود تا ما را به تدریج در دریایی از واژه‌ها و تعاریف نا مأنوس غرق کند. واقعیت اینست که این مفاهیم، به خلاف آنچه که ظاهر امر نشان می‌دهد، آن چنان نیز پیچیده نیستند. شاید یک تجربه ساده بتواند این ادعا را ثابت کند. تخته سوراخداری را که برای بررسی شیب و امتداد لایه ساخته بودیم، برداشته و به کمک چند ورق کاغذ مقوایی یا پلاستیک ضخیم انواع

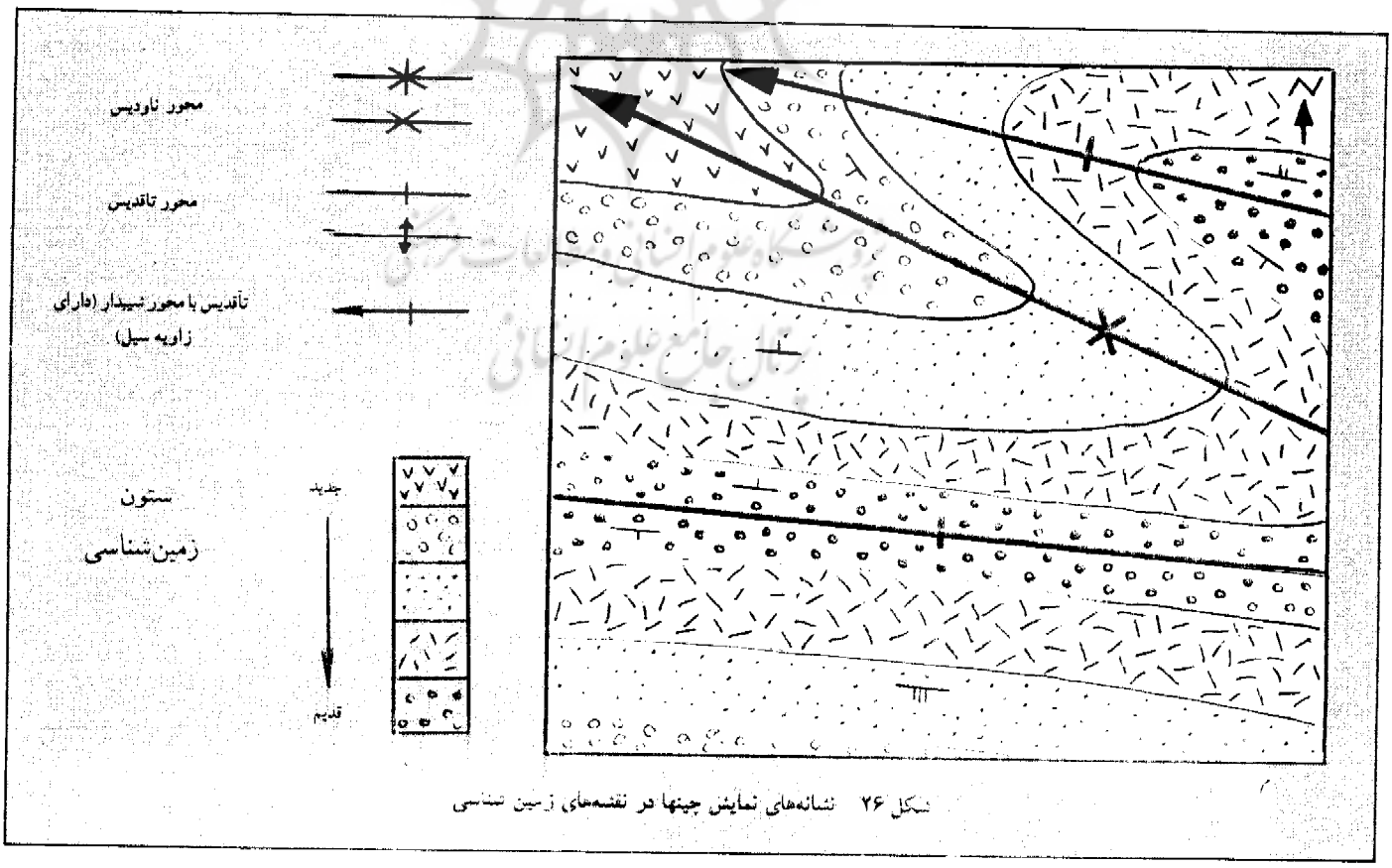


شکل ۲۵

مختلف چینها را یکی بعد از دیگری در روی آن بازسازی کنید. پس از مدتی تمرین در خواهید یافت که آگاهی از وضعیت فضایی چین‌ها و نحوه رخنمون آنها در سطح زمین، زیاد هم پیچیده نیست. (شکل ۲۵)

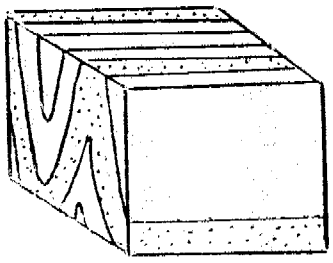
در روی نقشه‌های زمین شناسی از نشانه‌های خاص برای نمایش چینها استفاده می‌شود. در شکل ۲۶) برخی از مهمترین این نشانه‌ها آورده شده است.

یکی از وظایف زمین شناسان تشخیص تاقدیس و ناودیس در طبیعت است. (شکل ۲۷ و ۲۸). در جدول (۵) نشانه‌هایی چند برای شناسایی فوری تاقدیس و ناودیس در صحرا و در نقشه گردآوری شده است.



شکل ۲۶ نشانه‌های نمایش چینها در نقشه‌های زمین شناسی

جدول ۵ شناسایی فوری چین‌خوردگیها در صحرا

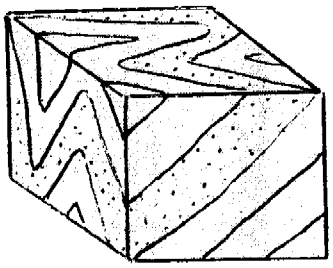


الف) تشخیص چین خوردگی

ــ لایه‌ها شیبدارند

ــ لایه‌ها نسبت به یک محور فرضی تکرار می‌شوند

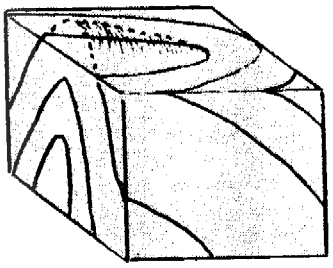
ــ شیب لایه‌ها نسبت به یک محور فرضی معمولاً تغییر می‌کند.



ب) تشخیص تاقدیس از ناودیس

ــ در ناودیس با دور شدن از محور، لایه‌ها پیرتر می‌شوند، ولی در تاقدیس بر عکس است.

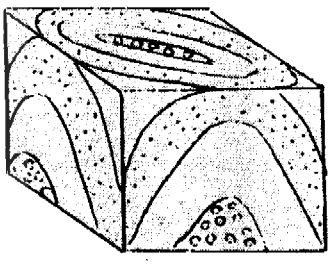
ــ در ناودیس معمولاً لایه‌های طرفین به سمت محور شیب دارند، ولی در تاقدیس معمولاً بر عکس است.



ج) تشخیص وضعیت محور (لولای) چین

ــ چینهایی که محور افقی دارند، رخنمون شان در زمینهای مسطح به صورت یک سری لایه‌های موازی هم است.

ــ چینهایی که محورشان میل دارد، رخنمونشان زیگزاگ مانند است.

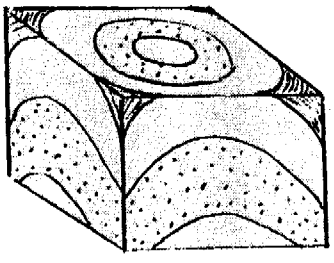


د) تشخیص جهت میل محور چین

ــ با باز سازی فرضی بخشهای فرسایش یافته یک لایه، جهت زاویه میل محور چین به سادگی مشخص می‌شود.

ــ چینهایی که محورشان از دو سو میل دارد، رخنمونشان به صورت منحنیهای بسته کشیده و بیضی مانند است.

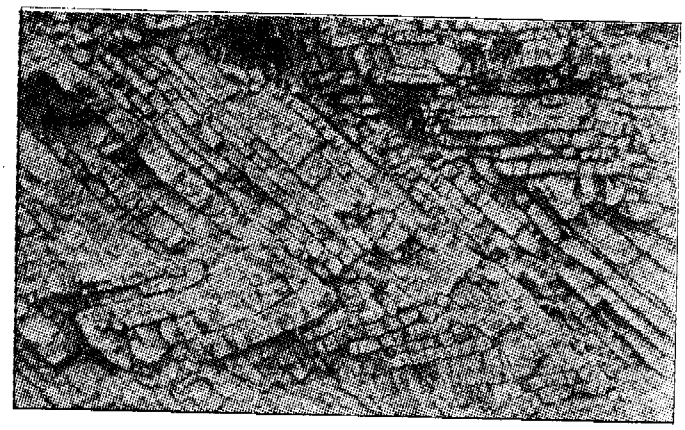
ــ رخنمون چینهای گنبدی تقریباً دایره‌ای است این چینها محور و سطح محوری خاصی ندارند.



ه) شناسایی چینها در نقشه زمین شناسی

ــ در نقشه‌های زمین شناسی از کلیه نشانه‌های فوق می‌توان سود جست.

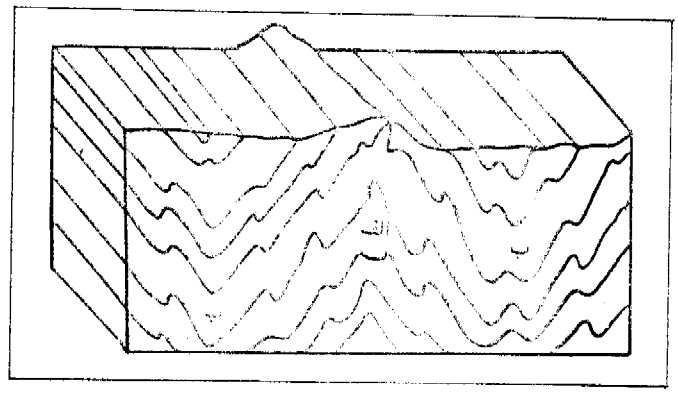
ــ نشانه‌های موجود در روی نقشه (مانند امتداد محور چین و جهت زاویه میل آن) بهترین نشانه برای تشخیص چین خوردگیهاست.



شکل (۲۷) رخنمون یک چین تاقدیسی در برش قایم

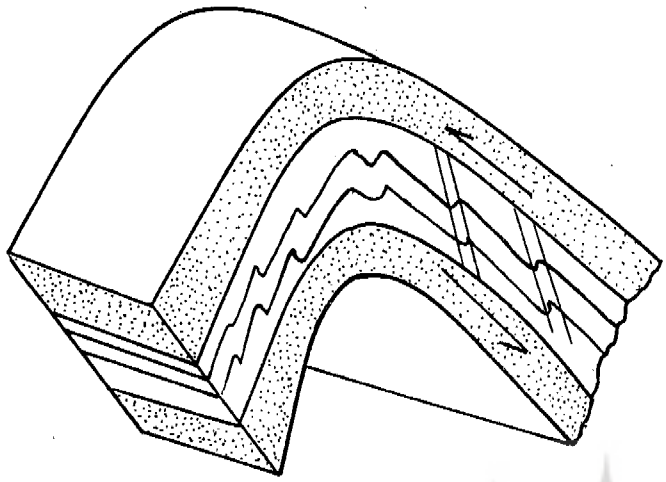
شکل ۲۸ ــ رخنمون یک منطقهٔ چین خورده (عکس توسط هواپیما گرفته شده است)

به بحث اصلی خود باز گردیم. نیروهای فعال در پوستهٔ زمین گاه چین‌های مرکبی را می‌سازند. به نحوی که در یک تاقدیس یا ناودیس بزرگتر تعدادی چینهای کوچکتر دیده می‌شود. این ساختمانها، به دلیل شکل شاخصشان، تاقدیس شکنجی[۳۸] و ناودیس شکنجی[۳۹] نامیده می‌شوند (شکل ۲۹). در موقع برخورد با این گونه ساختمانها باید



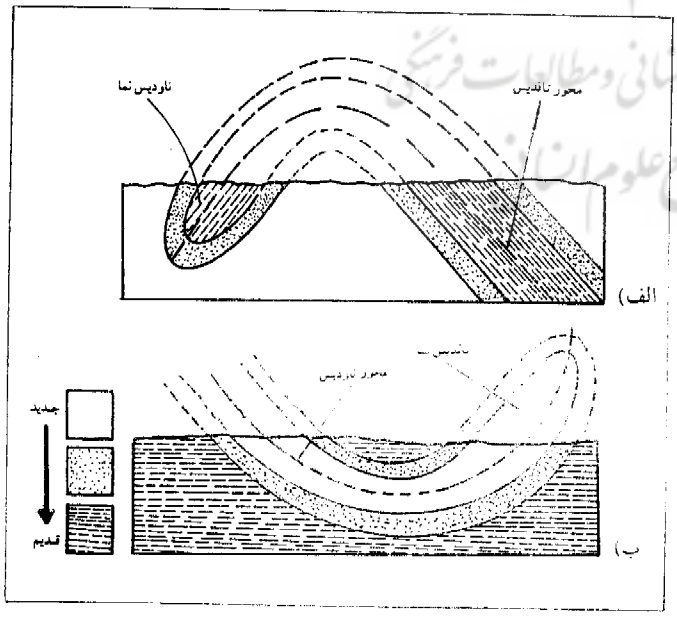
شکل ۲۹ ــ (الف) تاقدیس شکنجی (ب) ناودیس شکنجی

توجه داشت که آنها را با چین خوردگیهای فرعی که معمولاً در داخل یک لایه صورت می‌گیرد اشتباه نکنیم. چین فرعی معمولاً زمانی ایجاد می‌شود که با تناوبی از لایه‌های نسبتاً نرمتر و دارای خاصیت خمیری بیشتر (مثل شیل و شیست)، و لایه‌های سخت‌تر (مثل ماسه سنگ) روبرو باشیم. در اثر چین خوردگی چنین مجموعه‌ای، اغلب در داخل لایه‌های خمیری‌تر چین‌های فرعی به وجود می‌آید (شکل ۳۰).



شکل ۳۰ ــ لغزش لایه نرم رسی در میان دو لایه نسبتاً سخت ماسه سنگی در زمان چین خوردگی، و ایجاد چینهای فرعی کوچکتر در داخل لایه نرم رسی.

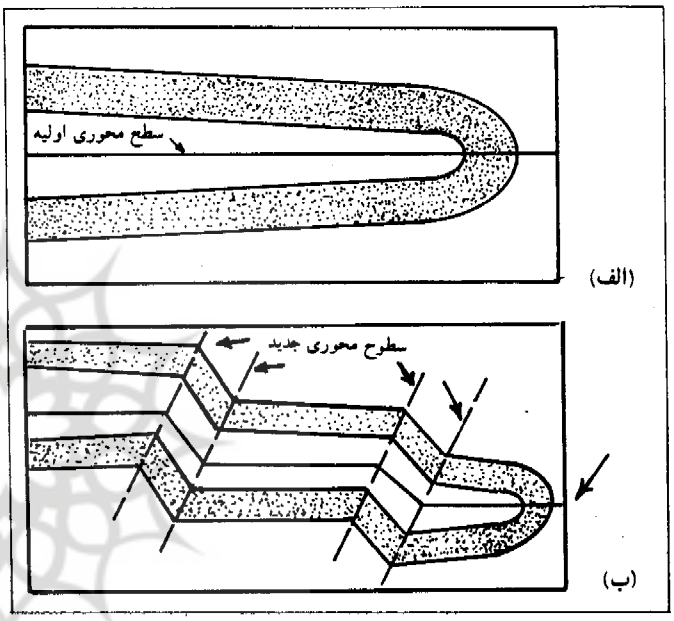
در برخی از موارد چین خوردگی بسیار شدید بوده و چین کاملاً برگشته است. در این گونه حالات گاه اشکال تاقدیس مانندی به وجود می‌آید که در واقع ناودیسند، یعنی به سمت هسته و محور آنها لایه‌ها جوانتر می‌شود. به این گونه ساختمانها که ممکن است در نظر اول باعث گمراهی جستجوگر بشوند، تاقدیس نما[۴۰] و در حالت عکس آن ناودیس نما[۴۱] گفته می‌شود. (شکل ۳۱).



شکل ۳۱ ــ [illegible] که در اثر چین خوردگی شدید به وجود آمده‌اند. سنگهای قدیمه چین در اثر فرسایش از بین رفته است.

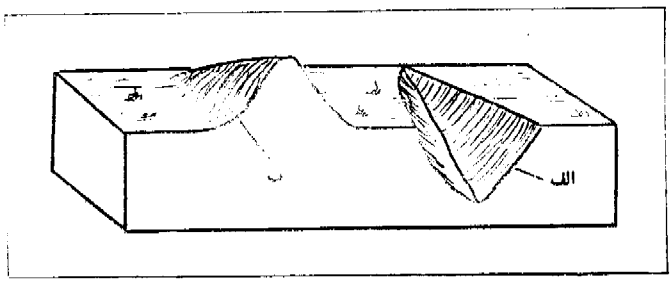
بسیاری از سنگها در طول زمان به دفعات و اغلب از جهات مختلف، تحت تأثیر نیروهای تغییر شکل دهنده قرار گرفته‌اند. هر چین ــ خوردگی جدیدی که در یک ناحیه ایجاد می‌شود، ضمن به وجود آوردن سطوح محوری مخصوص به خود، وضعیت چین خوردگی قبلی منطقه را تغییر خواهد داد.

معمولاً هر چین خوردگی مجدد، سطوح محوری مخصوص به خود ایجاد می‌کند، علاوه بر آن باعث می‌شود که سطوح محوری قبلی خم شده و چین بخورند (شکل ۳۲). در روی نقشه و در صحرا، ساده‌ترین روش برای آگاهی از وجود یک چین خوردگی مجدد، بررسی محل بسته شدن چین در سطح زمین و تشخیص این مطلب است که آیا در اثر چین خوردگی مجدد، سطوح محوری جدید ایجاد شده است یا نه؟

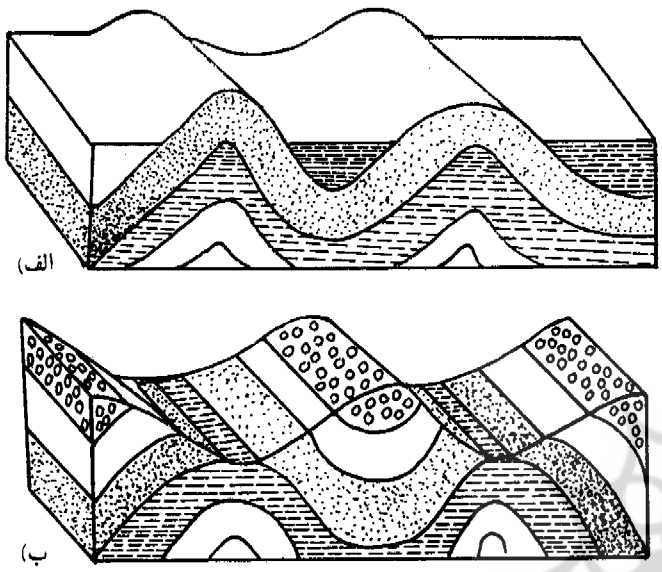


شکل ۳۲ ــ نقشه یک لایهٔ ماسه سنگی چین خورده (الف) و چین خودگی مجددی که بعدها در آن به وقوع پیوسته است (ب).

در یک منطقه، بخشهایی از سطح توپوگرافی که در بالای سطح عمومی یا سطح متوسط زمین منطقه قرار می‌گیرند (مانند تپه‌ها و کوهها)، **ناهمواری مثبت**[۴۲] به وجود می‌آورند. در صورتی که اشکالی مانند دره‌ها که پایین‌تر از سطح عمومی زمین منطقه هستند **ناهمواری منفی**[۴۳] درست می‌کنند (شکل ۳۳). در جاهایی که لایه‌های سنگ به صورت تاقدیس و ناودیس چین می‌خورند، تصور بر این است که تاقدیسها ناهمواری مثبت و ناودیسها ناهمواری منفی درست کنند. اگر چنین شرایطی برقرار باشد، گفته می‌شود که زمین دارای **ناهمواری عادی**[۴۴] است (شکل ۳۴). در عمل، گاه دیده می‌شود که ناودیسها نواحی مرتفع را ساخته و تاقدیسها در محل دره‌ها قرار می‌گیرند. چنین حالتی را **ناهمواری معکوس**[۴۵] می‌نامیم. به وجود آمدن این گونه اشکال بیش از همه وابسته به نحوه فرسایش زهکشی آب منطقه و جنس سنگهای آن است.



شکل ۳۳ ــ (الف)، ناهمواری منفی (ب) ناهمواری مثبت



شکل ۳۴ ــ (الف)، ناهمواری عادی (ب) ناهمواری معکوس

سؤالات

۱ ــ در شکل زیر این مفاهیم را نشان دهید:

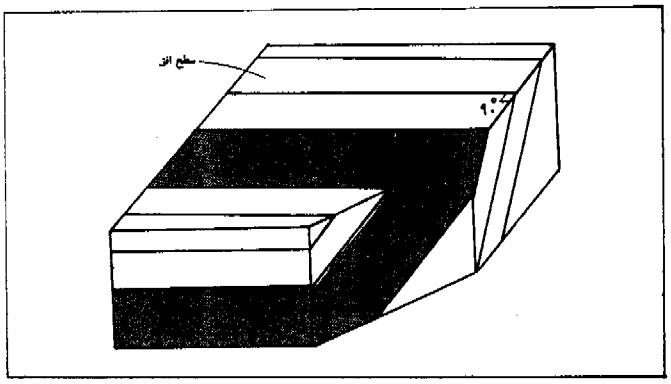
ــ سقف و کف لایه

ــ امتداد لایه

ــ شیب حقیقی و شیب ظاهری لایه

ــ ضخامت حقیقی و ضخامت ظاهر ی لایه

ــ عرض رخنمون لایه



۲ ــ به کمک یک نقاله، امتداد لایه‌ها را در بخش پائینی شکل ۲۶ تعیین کنید.

۳ ــ نمونه‌هایی از ساختمانهایی که در زیر آمده است را بازسازی کنید (به این منظور می‌توانید از: مقوا، کاغذ، ورقه‌های پلاستیکی، قطعات اسفنج حمام، گچ، خمیر مجسمه سازی، مفتول مسی، یا مانند آن استفاده کنید)

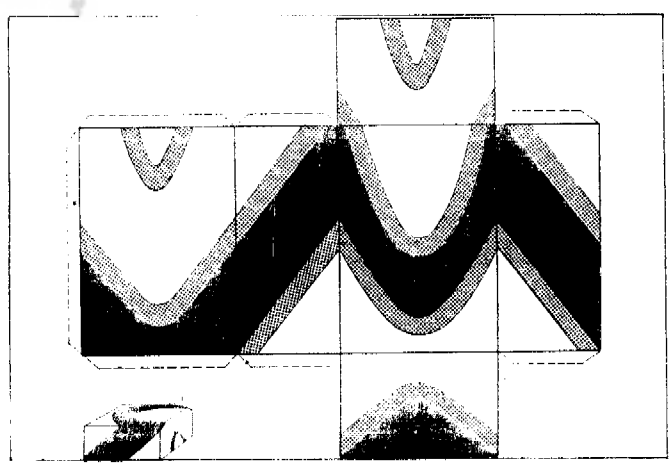
ــ چین متقارن و نامتقارن
ــ چین ایستاده، زاویه دار، برگشته و خوابیده
ــ چین با محور افقی، چین دارای زاویه میل، چین خنثی
ــ چین گنبدی، چین گنبدی کشیده
ــ ناهمواری مثبت، ناهمواری منفی
ــ ناهمواری عادی، ناهمواری معکوس

۴ ــ یک دستگاه شیب سنج و یک دستگاه امتداد سنج ساده، به صورتی که در متن آمده، بسازید و سپس مقادیر مفاهیم زیر را در هر یک از مدلهای ساخته شده در سؤال ۳اندازه گیری کنید.

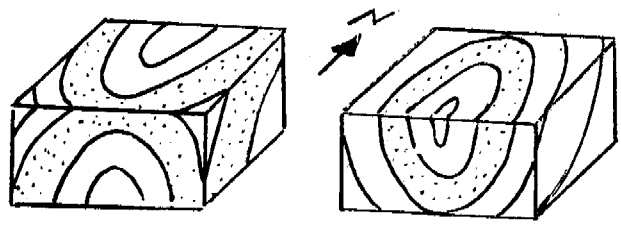
ــ شیب لایه
ــ زاویه میل و روند محور چین
ــ شیب سطح محوری چین

۵ ــ با استفاده از چوب، گچ، کاغذ و یا مقوا حجمهایی به شکل مکعب مستطیل بسازید و در روی هر یک از آنها یکی از ساختمانهای زیر را نشان دهید و رخنمونهای حاصل را با یکدیگر مقایسه کنید (برای ساختن یک مکعب کاغذی می‌توانید شکل زیر را کشیده وبا تا کردن آن از محلهای نقطه چین و چسباندن لبه‌های آن به یکدیگر مکعب مستطیل مورد نظر را به دست آورید.)

ــ تاقدیس و ناودیس با محور افقی
ــ تاقدیس و ناودیس با محور شیبدار (دارای زاویه میل)
ــ تاقدیس و ناودیس شکنجی
ــ تاقدیس نما و ناودیس نما



۶ ــ در شکلهای زیر، جهت زاویه میل تاقدیس و ناودیس را تعیین کنید.



در شماره بعد:
شناسایی عملی گسلها، درزها، ناپیوستگیها و ساختهای آذرین و دگرگونی.

● یادداشتها

1) bed 2) bedding 3) bedding plains 4) Strike 5) true dip 6) apparent dip 7) tue tickness 8)compass 9) cross bedding 10) mud crack 11) oscillation ripple marks 12) graded bedding 13) convolute bedding 14) borrows 15) contact 16) anticline 17) syncline 18) fold 19) limb 20) hinge line 21) fold axis 22) fold trend 23) plung 24) neutral fold 25) culmination 26) depression 27) axial surface 28) axial trace 29) symetric fold 30) asymetric 31) upriqht 32) inclined 33) overturned 34) recombent 35) open fold 36) tight (closed) fold 37) isoclinal fold 38) anticlinorium 39) synclinorium 40) antiform 41) synform 42) positive relief 43) negative relief 44) normal felief 45) inverted reliet