نوشته: الکس مالتمن
ترجمه: حسن مدنی، استادیار دانشگاه صنعتی امیرکبیر

جنبه‌های سه بعدی

نقشه‌های زمین‌شناسی

منحنی‌های تراز ساختاری

قسمت اول

۱ ــ آشنایی

مسئله نمایش اجسام سه بعدی در یک قطعه کاغذ دوبعدی، برای مدتی طولانی فکر بسیاری از افراد را به خود مشغول داشته که بیشتر این افکار در مورد نقشه‌ها متمرکز بوده است. بسیاری از اطلس‌ها، معمولاً با این مطلب آغاز می‌شوند که، چگونه می‌توان زمین کروی را در یک کتاب نمایش داد. نحوه نمایش پستی و بلندی‌های سطح زمین در نقشه‌ها نیز مسئله مشابهی به شمار می‌آید. اولین کسانی که به تهیه نقشه‌ها همت گماشتند، سعی داشتند که با رسم تپه‌های کوچک، وجود عوارض زمین را نشان دهند که این امر، اغلب با اغراق در ارتفاع و شیب عوارض زمین همراه بود. روش بهتری که بُعدها به تدریج تکامل یافت، استفاده از سایه و هاشور بود اما به طورکلی، این شیوه‌ها برای نقشه‌های زمین شناختی مناسب نیست. از مدتها پیش بدین منظور از منحنی‌های تراز توپوگرافی استفاده می‌شود. استفاده از این شیوه، در نقشه‌های زمین‌شناختی با مقیاس $\frac{1}{10000}$ و بزرگتر از آن، مرسوم است.

مطالب این بحث، در مورد کاربرد این اصول در زیر سطح زمین، متمرکز شده است. در ابتدا به شباهتهای بین نقشه‌های توپوگرافی و نقشه‌های سطوح زیرزمین موسوم به منحنی‌های تراز ساختاری[1] مورد بحث قرار گرفته و آنگاه در مورد نحوه تهیه این نقشه‌ها و کاربرد آنها بحث شده است. گو اینکه این روزها، نقشه‌های ساختاری عمدتاً با استفاده از کامپیوتر تهیه می‌شوند. اما درک اصول سه بعدی این نقشه‌ها، به عنوان مبانی کلی، همچنان اهمیت خود را حفظ کرده است.

۲ ــ طبیعت منحنی‌های تراز ساختاری

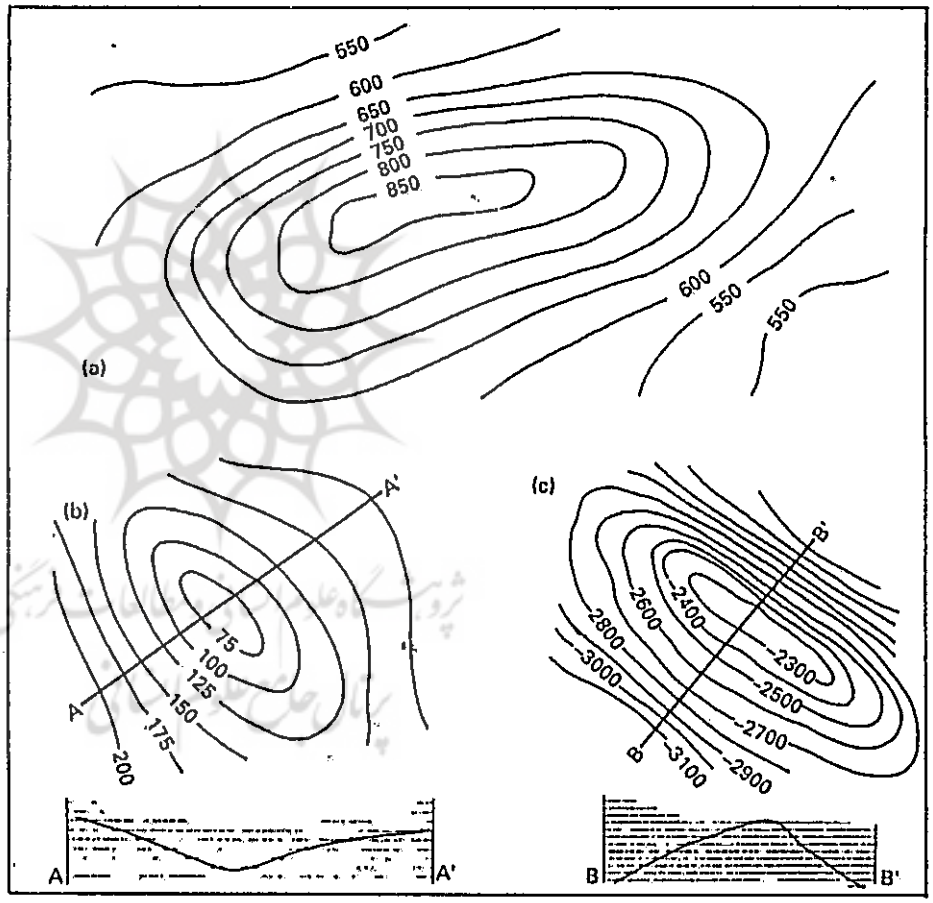
برای نمایش هر سطح سه بعدی در کاغذ، می‌توان از منحنی‌های تراز استفاده کرده و این امر، فقط محدود به پستی و بلندی سطح زمین نیست. منحنی‌های ترازی را که در شکل ۱ ــ الف نشان داده شده است می‌توان برای نمایش سطح زمین و یا مثلاً نمایش سطح یک سازندسنگی* به کار برد. گواینکه ممکن است سازند مورد نظر در زیر سطح زمین واقع باشد اما در چنین حالتی نیز، به هر حال ارتفاع مشخص خود را دارد و منحنی‌های تراز، نقاط

---

* ــ توجه کنید که کلمه «سطح» در فرهنگ نقشه‌ها، دو معنی متفاوت دارد. علاوه بر معنی سطح زمین، یعنی سطح خارجی زمین، به این واژه برای بیان مرز هر دو جسم زمین شناختی و یا سطوح زمین شناختی منحنی نیز به کار می‌رود و این سطوح ممکن است در زیرزمین واقع باشند. بدین ترتیب زمین شناسان هم در مورد لایه‌هایی که در سطح زمین (یعنی سطحی که در آن زندگی می‌کنیم) رخنمون دارند و هم در مورد رخنمون سطح نظیر مرز یک واحد نقشه و یا گسل، گفتگو می‌کنند.

هم ارتفاع سطح یا کف آنرا به هم وصل می‌کنند. بدین ترتیب، این امکان وجود دارد که در روی نقشه منحنی‌های ترازی رسم شوند که مؤید عوارض سطح زمین نباشند بلکه انحنای بعضی سطوح زیرزمینی را نشان دهند. چنین منحنی‌هایی به نام منحنی‌های تراز ساختاری نامیده می‌شوند. بدون اطلاعات اضافی دیگر، خطوط شکل ۱ ــ الف ممکن است منحنی‌های توپوگرافی باشند که تپه‌ای را نشان دهند، اما در عین حال همانقدر احتمال دارد که به عنوان منحنی‌های تراز ساختاری تعبیر شوند و نشانگر یک واحد نقشه باشند که به حالت گنبد چین خورده است. منحنی‌های تراز ساختاری شکل ۱ ــ ب مربوط به سطحی هستند که به صورت یک حوضه است و در شکل ۱ ــ ج، گنبدی را نشان می‌دهند.

توجه کنید که از آنجا که گنبد شکل ۱ ــ ج خیلی عمیق است، ارتفاع آن نسبت به سطح دریا منفی است، اگر منحنی‌های تراز ساختاری سطحی در دست باشد همانند رسم مقاطع از روی نقشه‌های توپوگرافی به آسانی می‌توان مقاطع مورد نظر را رسم کرد. در این نقشه‌ها، به جای آنکه همانند نقشه‌های توپوگرافی، محل تلاقی منحنی‌های تراز با خط مقطع را علامت‌گذاری کنیم، موقعیت و ارتفاع منحنی تراز ساختار موردنظر علامتگذاری و در شبکه مقطع رسم می‌شود. چنین کاری برای رسم مقاطع در شکلهای ۱ ــ الف و ۱ ــ ب انجام شده است در بعضی از نقشه‌های چاپ شده، منحنی‌های تراز ساختاری نیز رسم می‌شود که این منحنی‌ها، معرف سطحی هستند که به عنوان نماینده ساختار در نظر گرفته است. منحنی‌های تراز ساختاری را برای هر نوع ساختار زمین شناختی می‌توان رسم کرد که از آن جمله می‌توان به گسل‌ها و یا مرز توده نفوذی با سنگهای درونگیر، اشاره کرد.

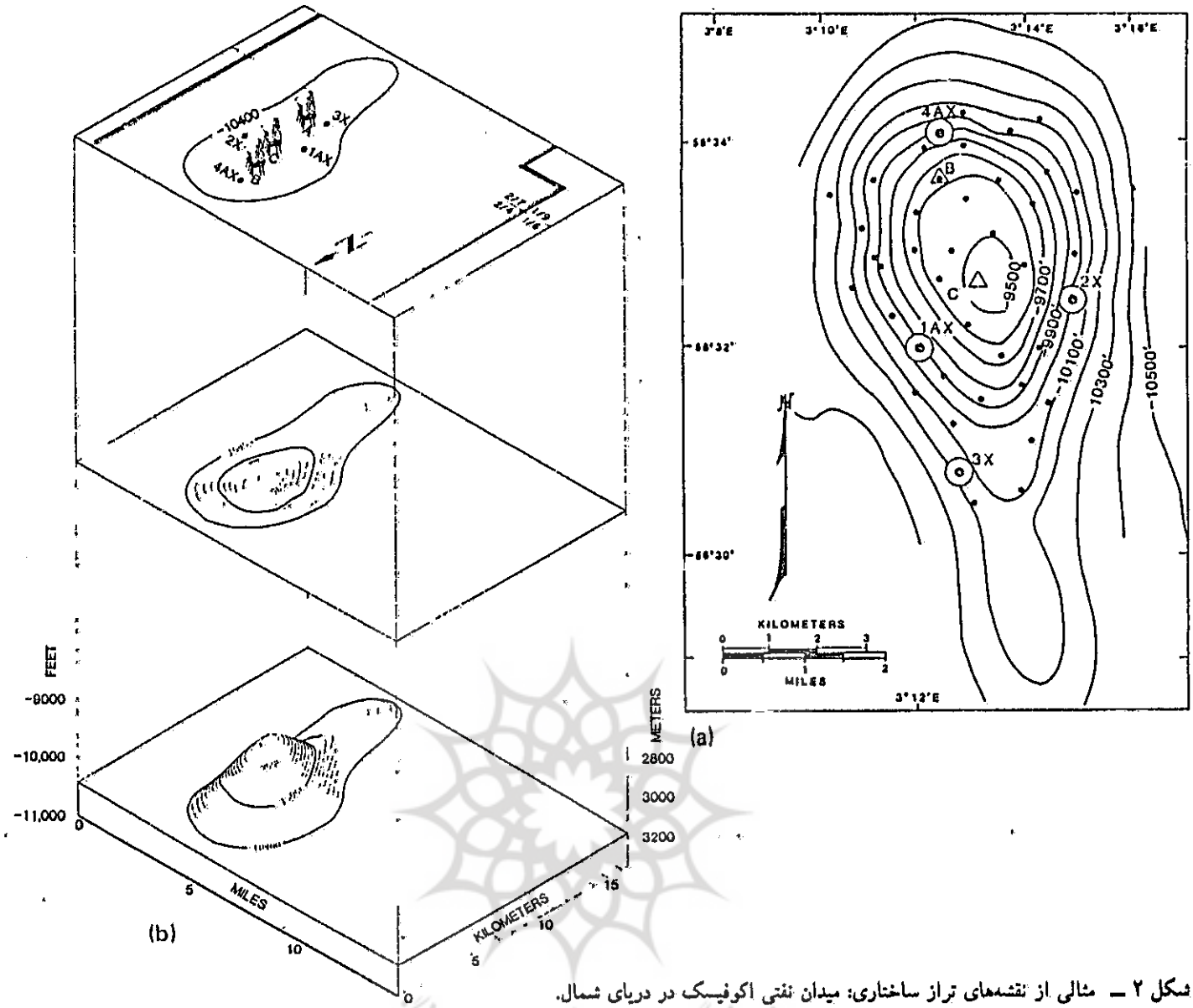


شکل ۱ ــ شباهت بین منحنی‌های توپوگرافی و منحنی‌های تراز ساختاری. اگر نقشه الف را نقشه توپوگرافی در نظر گیریم، موید وجود یک تپه است. این نقشه را می‌توان به عنوان منحنی تراز ساختاری یک سطح زمین شناختی گنبد مانند در نظر گرفت که در زیر سطح زمین واقع است. خطوط شکل ب، بدون آگاهی از این که منحنی‌های توپوگرافی یا تراز ساختاری‌اند، ممکن است نمایشگر یک فرورفتگی در سطح زمین و یا یک ساختار مدفون تشتک شکل باشد. منحنی‌های شکل ج، اگر چه مشابه منحنی‌های توپوگرافی هستند، اما با توجه به ارتفاع منفی‌شان، احتمالاً باید منحنی تراز ساختاری یک گنبد زیرزمینی باشند. در عمل، برای تمایز دو نوع منحنی تراز، از نشانه‌های مختلف استفاده می‌کنند.

۳ ــ مثالهائی از منحنی‌های تراز ساختاری در نقشه‌ها

شکل ۲ ــ الف، نقشه منحنی‌های تراز ساختاری میدان نفتی اکوفیسک[۲] را نشان می‌دهد. این میدان اولین میدان نفتی است که در دریای شمال کشف شد. سطحی که منحنی‌های تراز آن رسم شده، سقف واحدی است که بخش اعظم نفت در آن متمرکز است. منحنی‌های تراز ساختاری نشانگر آنند که این سازند به شکل یک گنبد عمیق است که به ملایمت در امتداد N-S کشیده شده است. در واقع در بخش بالائی این گنبد، نفتگیر تشکیل شده است.

شکل ۲ ــ ب، یک تصویر فضائی از ساختار مورد نظر است که ممکن است خواننده را در تجسم این امر که چگونه منحنی‌های تراز ساختاری نشانگر گنبد زیرزمینی‌اند، یاری دهد. نکته مهم آن است که خواننده باید عادت کند که منحنی‌های ساختاری را به حالت سه بعدی مجسم سازد در شکل ۳ ــ ۲ ــ ب موقعیت چاههای اصلی نفت، که برای نفوذ تا سطح فوقانی گنبد حفر شده‌اند نیز نشان داده شده است. شاید اکنون اهمیت منحنی‌های تراز ساختاری در زمین



شکل ۲ ــ مثالی از نقشه‌های تراز ساختاری: میدان نفتی اکوفیسک در دریای شمال.

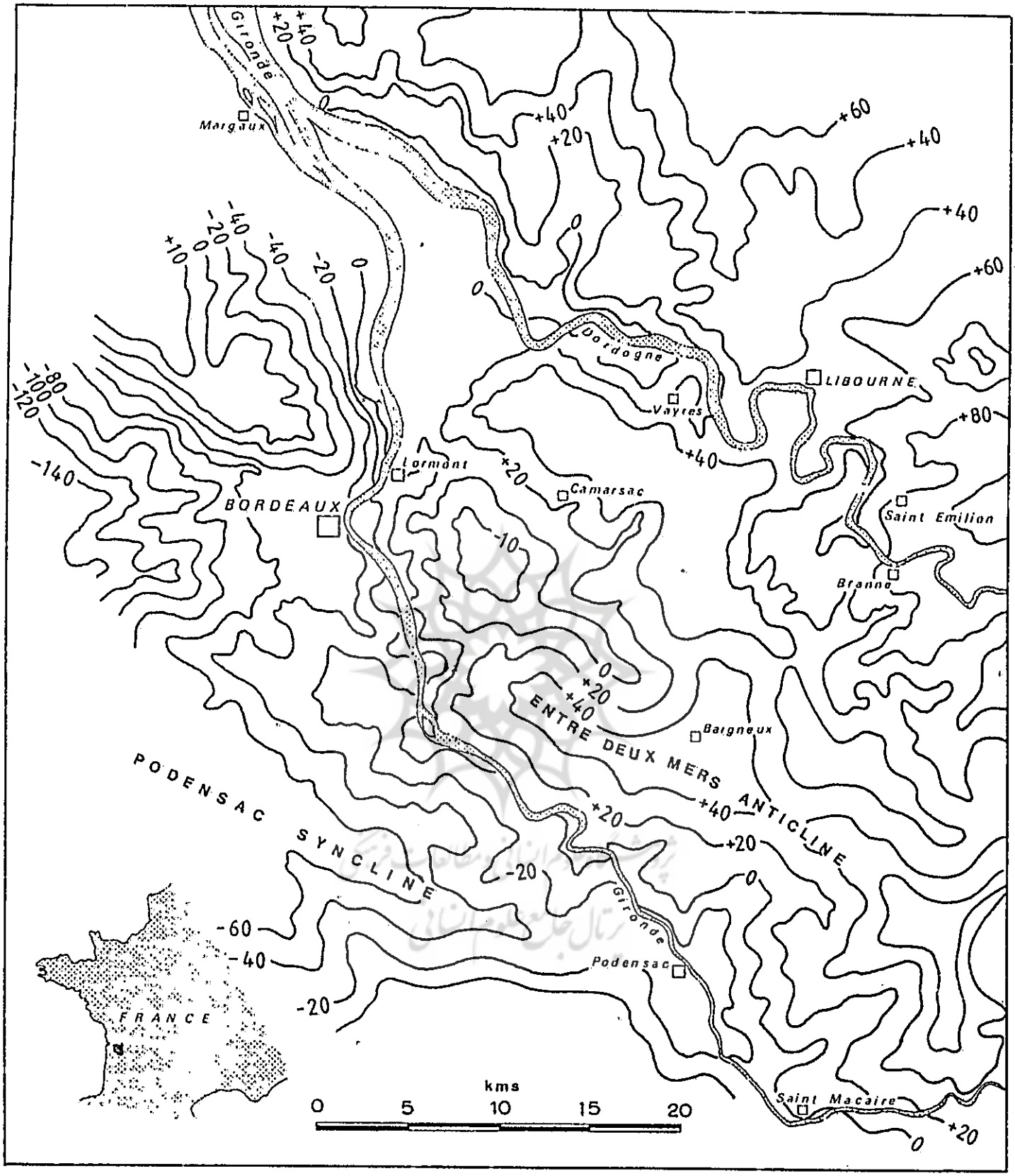
شکل الف منحنی‌های تراز ساختاری بخش فوقانی سازند حاوی نفت را نشان می‌دهد. در قسمت پایین شکل ب، تصویر سه بعدی سطح مورد نظر، در مقایسه با منحنی‌های تراز ساختاری (که برای یک سطح میانی دلخواه رسم شده) و بستر دریا (تصویر بالا) نشان داده شده است. این نقشه با اصلاحاتی از روی نقشه پارک و توماس (۱۹۸۰) و با کسب اجازه از اتحادیه زمین‌شناسان نفت امریکا، رسم شده است.

شناسی کاربردی روشن شده باشد. در واقع، ضرورتهای عملی سبب شد که این شیوه نمایش در میدان زغال سنگ آنتراسیتی پنسیلوانیا، ابداع شود.

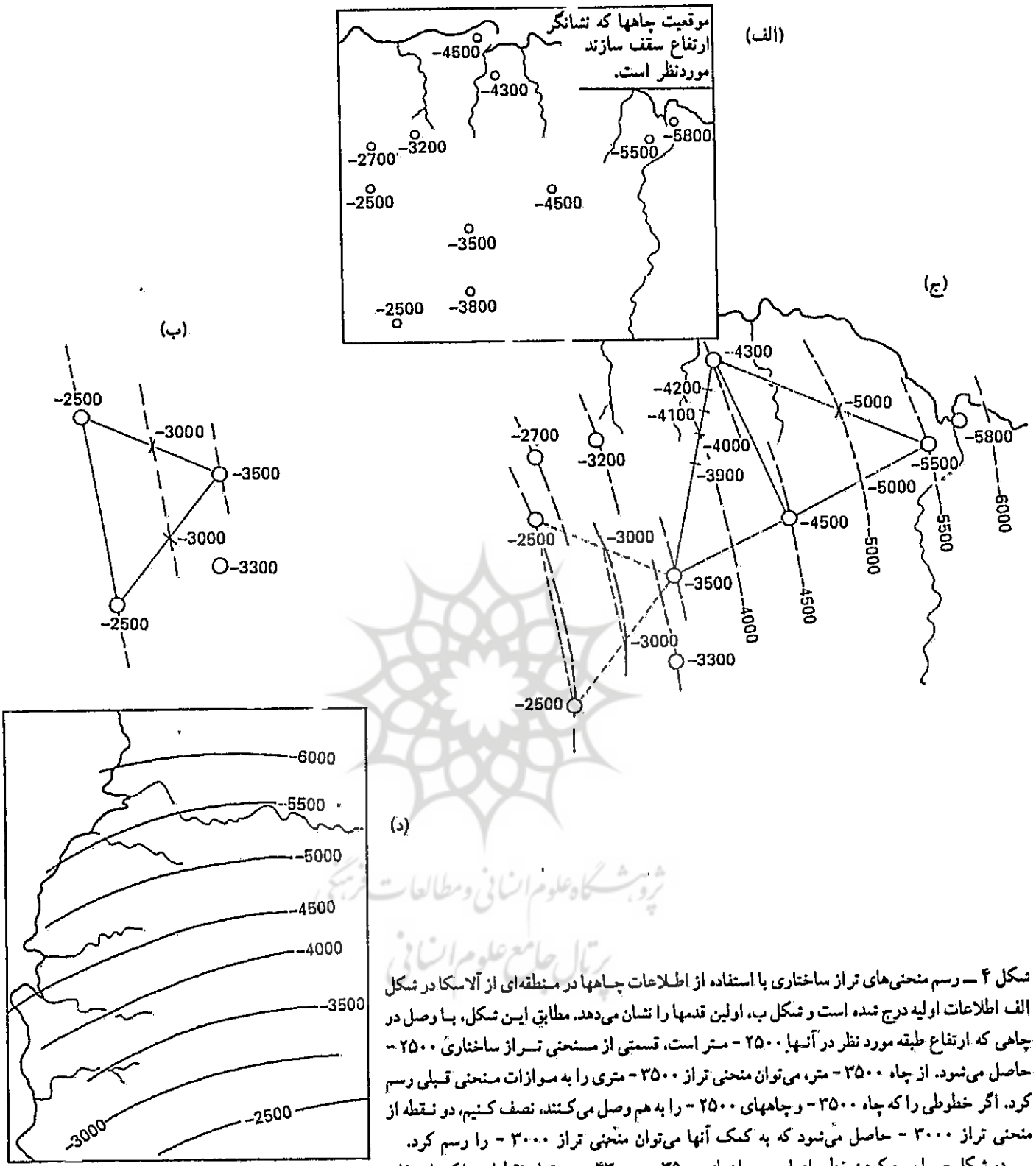
در شکل ۳، یکی از موارد استعمال غیرعادی منحنی‌های تراز ساختاری همراه با وضعیت بسیار نامنظمی از این منحنی‌ها، نشان داده شده است (برای پی بردن به علل این بی‌نظمی‌ها، به بند ۴ ــ ۲ مراجعه کنید). در منطقه جنوب بوردو[۲] در فرانسه، کیفیت الگورها به نوع خاک بستگی دارند که این به نوبه خود به نوعی سنگ آهک ویژه موسوم به کاکلیرآستریس،[۳] وابسته است بهترین محصول انگور احتمالاً مربوط به مناطقی است که عمق سنگ آهک بیش از چند متر نباشد. در این منطقه، منحنی‌های تراز ساختاری، که نشانگر وضعیت سطح سنگ آهک است، همراه با نقشه توپوگرافی منطقه عمق سنگ آهک را در نقاط موردنظر، مشخص می‌کند. احتمالاً این امر اولین راههای تعیین نقاطی است که انگور با کیفیت بهتر دارند.

۴ ــ رسم منحنی‌های تراز ساختاری به کمک اطلاعات حاصل از گمانه‌ها

اگر سطح مورد نظر در زیر زمین واقع باشد چگونه می‌توان منحنی‌های تراز ساختاری آن را رسم کرد. متداولترین روش در این گونه موارد، استفاده از اطلاعاتی است که از طریق حفر گمانه‌های اکتشافی حاصل می‌شود (بیشوب[۵] ۱۹۶۰). اگر ارتفاع زمین در



شکل ۳ ــ مثالی از منحنی‌های تراز ساختاری در منطقه کاکلیر آستریس فرانسه. به عمق کم افقهای ترازیابی شده توجه کنید. علت این بی نظمی بعداً توجیه خواهد شد. برگرفته از مطالعات ویگنورلتوف (۱۹۸۰)



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۴ ــ رسم منحنی‌های تراز ساختاری با استفاده از اطلاعات چاهها در منطقه‌ای از آلاسکا در شکل الف اطلاعات اولیه درج شده است و شکل ب، اولین قدمها را نشان می‌دهد. مطابق این شکل، با وصل در چاهی که ارتفاع طبقه مورد نظر در آنها ۲۵۰۰ - متر است، قسمتی از منحنی تراز ساختاری ۲۵۰۰ - حاصل می‌شود. از چاه ۳۵۰۰ - متر، می‌توان منحنی تراز ۳۵۰۰ - متری را به موازات منحنی قبلی رسم کرد. اگر خطوطی را که چاه ۳۵۰۰ - و چاههای ۲۵۰۰ - را به هم وصل می‌کنند، نصف کنیم، دو نقطه از منحنی تراز ۳۰۰۰ - حاصل می‌شود که به کمک آنها می‌توان منحنی تراز ۳۰۰۰ - را رسم کرد.

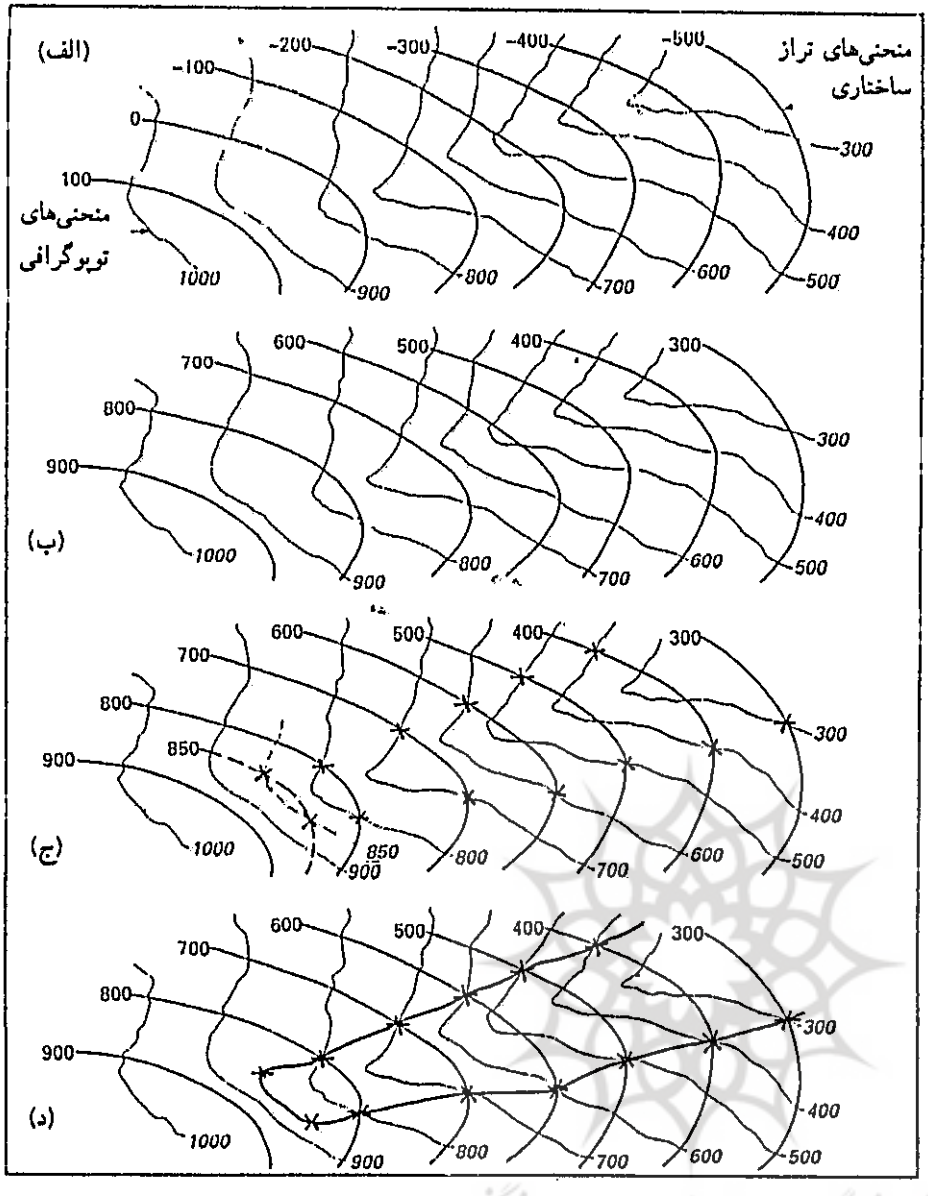
در شکل ج، با مربع کردن خط واصل بین چاههای ۳۵۰۰ - و ۴۳۰۰ -، می‌توان نقطه‌ای را که ارتفاع طبقه در آن ۴۰۰۰ - است، به دست آورد و با مدرج کردن سایر خطوط، منحنی‌های تراز دیگری را نیز رسم کرد. به طوری که دیده می‌شود، اگر منحنی‌های تراز را به صورت خطوط مستقیم در نظر گیریم، اطلاعات مرحله ج و ب با هم نمی‌خوانند و بنابراین بهتر آن است که منحنی‌های تراز ساختاری را به صورت خطوط منحنی رسم کنیم.

در شکل د، نقشه کامل شده منحنی‌های تراز ساختاری منطقه به فواصل ۵۰۰ با حذف موقعیت چاهها نشان داده شده است.

منطقه‌ای که گمانه‌ها حفر می‌شوند، در دست باشد، به آسانی می‌توان عمق گمانه در نقطه برخورد به لایه موردنظر را تعیین کرد و از تفریق ارتفاع دهانه گمانه و عمق آن ارتفاع نقطه‌ای از طبقه مورد مطالعه را به دست آورد. چنین گمانه‌هائی، که در صنعت نفت به نام چاه خوانده می‌شوند، منابع مهم اطلاعاتی در مورد طبقات زیر زمین به شمار می‌آیند. البته برای ارزیابی یک سطح زیرزمینی غیرمستوی با دقت موردنظر، تعداد زیادی چاه لازم است و اطلاعات مربوط به نقاط بین آنها را باید از طریق درونیابی به دست آورد. شکل ۴، یک مثال عملی در این مورد است. در این گونه موارد، هرگونه اطلاعات اضافی که به دست آید، برای کنترل و افزایش دقت اطلاعات قبلی به کار می‌رود. به عنوان مثال، در صنعت استخراج نفت، از اطلاعات حاصل از عملیات لرزه سنجی می‌توان استفاده کرد.

۵ ــ رسم منحنی‌های تراز ساختاری با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی

اگر طبقه موردنظر در نزدیکی سطح زمین واقع باشد بدون نیاز به اطلاعات حاصل از گمانه‌ها و تنها بر اساس اطلاعات حاصل از رخنمون طبقه، می‌توان منحنی‌های تراز ساختاری را رسم کرد. بدین منظور، لازم است که وضعیتهای گوناگون توپوگرافی را که طی آن طبقه موردنظر در سطح زمین رخنمون می‌یابد، بدانیم. این خواسته، در واقع دقیقاً همان چیزی است که در نقشه‌های زمین‌شناسی نشان داده شده است. بنابراین، چه در کارهای تحقیقاتی و چه در کارهای صنعتی، عمدتاً از این روش استفاده می‌شود. در حقیقت، تصور سه بعدی‌ای که در این روش به کار می‌رود در مورد بسیاری از عملیات زیرزمینی، مصداق دارد. به هر حال، این شیوه ممکن است از نظر مبتدیان، کمی مشکل به نظر برسد. بنابراین، در تشریحی که خواهد آمد، مسئله را گسترده‌تر در نظر می‌گیریم و روش را قدم به قدم، دنبال می‌کنیم.



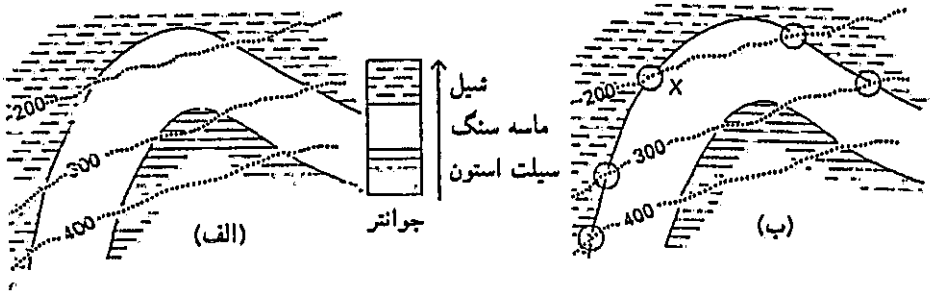
شکل ۵ ــ رابطه بین منحنی‌های تراز توپوگرافی (خطوط نازک)، منحنی‌های تراز ساختاری (خطوط متوسط) و رخنمون (خطوط ضخیم)

منحنی‌های تراز ساختاری و توپوگرافی، هر دو بر اساس واحدی که وصل کردن نقاط هم ارتفاع به هم است، رسم می‌شوند و تفاوت اصلی آنها صرفاً در تفاوت سطوحی است که ارائه می‌دهند. این منحنی‌ها را می‌توان در روی نقشه واحدی نشان داد. در شکل ۳ ــ ۵ الف، منحنی‌های تراز توپوگرافی سطح زمینی را نشان می‌دهند که ارتفاع آن بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ متر متغیر است در صورتی که منحنی‌های تراز ساختاری، نشانگر مرز سازند منحنی شکلی هستند که ارتفاع آن ۵۰۰ - تا ۱۰۰ متر است و بنابراین سازند موردنظر در زیر سطح زمین قرار دارد. اکنون به شکل ۵ ــ الف نگاه کنید و مطمئن شوید که قادرید دو سطح مختلف را در ذهن خود مجسم کنید. سطح زمین و سازند مورد نظر در عمق را.

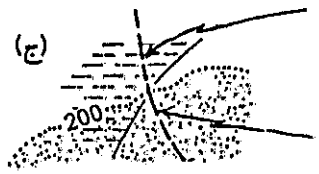
شکل ۵ ــ ب وضعیت مشابهی را نشان

می‌دهد. سطح زمین و منحنی‌های تراز ساختاری برای سطح یک سازند منحنی دقیقاً یکی است اما بین دو شکل الف و ب، تفاوت اساسی وجود دارد. مرز سازند موردنظر گرچه همان شکل سطح قبلی را دارد اما ارتفاع آن بیشتر است و بنابراین عمق کمتری دارد. در حقیقت در این نقشه، رسمی از قسمتها منحنی‌های تراز ساختاری و توپوگرافی یکدیگر را در نقاطی قطع می‌کنند که در آنها، ارتفاع هر دو منحنی یکسان است. در قسمتهائی که چنین حالتی دیده می‌شود، سازند موردنظر نمی‌تواند در زیر سطح زمین واقع باشد و بنابراین در چنین نقاطی، سازند در سطح زمین رخنمون دارد. شکل ۵ــ ج دقیقاً همان وضعیت شکل ۵ــ ب است با این تفاوت که در آن، نقاطی که سازند رخنمون دارند، مشخص شده است.

ارتفاع منحنی‌های ترازی که در نقشه نشان داده شده است، به فواصل این منحنی‌ها بستگی دارد و در قسمتهایی که سازند به سطح زمین می‌رسد، ممکن است به خوبی متوسط گیری شده و با واقعیت منطبق باشند. در شکل ۵ــ ج منحنی تراز ۸۵۰ متری نیز که از طریق درونیابی به دست آمده، نشان داده شده است و بنابراین تعداد بیشتری از نقاطی که انتظار می‌رود طبقه موردنظر در آنجا رخنمون داشته باشد، به دست آمده است. در شکل ۵ــ ج، کلیه نقاطی که در سطح زمین ظاهر می‌شوند و به بیان دیگر، رخنمون کلی طبقه به شکل خطوطی منحنی، نشان داده شده است، بدین ترتیب، با در دست داشتن منحنی‌های تراز یک افق زمین‌شناسی و معلوم بودن منحنی‌های توپوگرافی سطح زمین، وضعیت رخنمون افق را می‌توان پیش‌بینی کرد. این روشی است که در بررسیهای زمینی، کاربرد دارد که بعداً آن را بررسی خواهیم کرد اما به هر حال اکنون اشاره می‌کنیم که بر اساس این رهیافت،[۶] قادریم به کمک وضعیت توپوگرافی، منحنی‌های تراز ساختاری را رسم



مسیر صحیح منحنی تراز ساختاری ۲۰۰ متری سطح ماسه سنگ، ماسه سنگ در جائی رخنمون دارد که منحنی تراز ساختاری سطح زمین را در ارتفاع کمتر از ۲۰۰ متر قطع کند و در جائی که ارتفاع زمین بیش از ۲۰۰ متر باشد، لایه به حالت مدفون است.

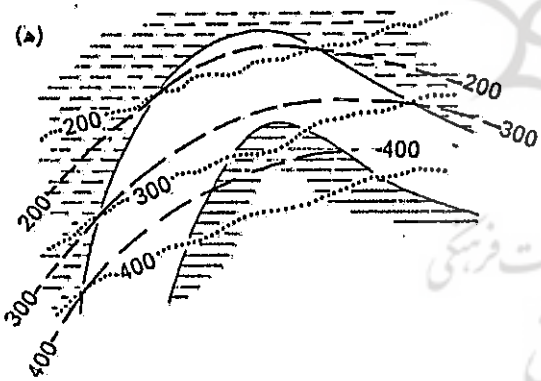


منحنی تراز ساختاری ۲۰۰ متری سطح ماسه سنگ نمی‌تواند از اینجا عبور کند زیرا اگرچه در این قسمت ماسه سنگ رخنمون دارد اما ارتفاع زمین بیشتر از ۲۰۰ متر است

ارتفاع زمین بیشتر از ۲۰۰ متر

منحنی تراز ساختاری ۲۰۰ متری سطح ماسه سنگ نمی‌تواند از اینجا عبور کند زیرا ارتفاع سطح زمین کمتر از ۲۰۰ متر است ولذا ماسه سنگ رخنمون ندارد.

ارتفاع زمین بیشتر از ۲۰۰ متر



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

شکل ۶ ــ رسم منحنی‌های تراز ساختاری به کمک منحنی‌های توپوگرافی و رخنمون الف ــ قسمتی از یک نقشه زمین شناسی فرضی که در آن منحنی‌های تراز توپوگرافی (نقطه چین) و رخنمون یک واحد ماسه سنگی نشان داده شده است. ب ــ در مرحله مقدماتی با توجه به وضعیت ماسه سنگ در ستون چینه شناسی، سطح این لایه برای رسم منحنی‌های تراز ساختاری انتخاب می‌شود. دایره‌ها که محل برخورد منحنی‌های توپوگرافی و رخنمون‌اند، نشانگر نقاطی هستند که در آنها ارتفاع سطح این واحد زمین شناسی، مشخص است بنابراین منحنی‌های تراز ساختاری باید از این دایره‌ها عبور کنند. ج ــ ابتدا به نظر می‌رسد که برای عبور منحنی تراز ۲۰۰ متری از نقطه برخورد منحنی تراز ۲۰۰ متری و رخنمون، دو راه مختلف مطابق شکلهای ج و د وجود دارد. با بررسی، مشخص می‌شود که مسیر شکل ج، با اطلاعات مندرج در نقشه، نمی‌خواند و بنابراین فقط مسیر شکل د صحیح است. در شکل هـ، مسیر منحنی‌های تراز ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ متری با استفاده از اطلاعات نقشه، تکمیل شده است.

کنیم.

در بسیاری از موارد، مسئله موردنظر، رسم وضعیت رخنمون به کمک منحنی‌های تراز ساختاری نیست بلکه هدف اصلی، رسم منحنی‌های تراز ساختاری با استفاده از رخنمون و منحنی‌های تراز توپوگرافی است زیرا این دو گروه داده موردنیاز در سطح زمین قابل دسترسی است. در شکل ۶ ــ الف، بخش کوچکی از رخنمون یک سطح زمین شناختی همراه با منحنی‌های تراز توپوگرافی نشان داده شده است. شکل ۶ ــ ب، موقعیت نقاطی را نشان می‌دهد که منحنی‌های تراز ساختاری ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ باید از آنجا عبور کنند. شکل ۶ ــ ج نیز تنها راه موجود برای رسم منحنی‌های تجاز ساختاری این مجموعه را نشان می‌دهد.

در مورد این که چرا این مسیر تنها مسیر ممکن برای عبور منحنی‌های تراز ساختاری است، بیشتر بحث خواهیم کرد (در این مورد شق دیگری برای تعبیر و تفسیر نیز وجود دارد و آن این که مرز تمام لایه‌ها را به حالت قائم درنظر گیریم ولی اگر قسمت بیشتری از نقشه در دسترس بود، وضعیت واقعی لایه‌ها مشخص می‌شد).

معمولاً یک نقشه زمین‌شناسی بزرگ مقیاس، اطلاعات لازم در مورد توپوگرافی و رخنمون را به دست می‌دهد و بنابراین در حالت کلی می‌توان به کمک آن، منحنی‌های تراز ساختاری سطح مورد نظر را رسم کرد. بنابراین، درواقع با استفاده از نقشه زمین‌شناسی، وضعیت سه بعدی سازندی را که در سطح زمین رخنمون دارد، مجسم می‌سازیم. این کار، موارد استعمال‌های زیادی دارد. به عنوان مثال، یک نفر آب‌شناس می‌تواند وضعیت آبخیزها[۷] را تجسم کند یک نفر مهندس اکتشاف قادر است طول تونل یا گمانه را برای برخوزد به افق مورد نظر تخمین بزند و یک مهندس زمین‌شناس می‌تواند طبیعت سنگهائی را که درنظر دارد برای احداث یک سازه مهندسی حفر کند، ارزیابی نماید. اگر منحنی‌های تراز ساختاری سقف و کف یک واحد زمین‌شناسی را که ارزش حقیقی دارد رسم کنیم، خواهیم توانست ذخیره آن را محاسبه کنیم. در واقع، اکنون با یکی از موارد استعمال مهم نقشه‌های زمین‌شناسی مواجه هستیم

۶ ــ طرز عمل در مورد رسم منحنی‌های تراز ساختاری به کمک توپوگرافی

کار را با جستجوی سقف رخنمون مورد نظر در نقشه آغاز می‌کنیم اگر سقف سازند مورد توجه است باید مطمئن شویم که سطح مورد بررسی، سقف واحد است نه کف آن. واضح است که سقف لایه به سوی طبقات جوانتر متوجه است.

در مرحله بعد باید نقاطی را یافت که در آنها رخنمون واحد مورد نظر منحنی‌های توپوگرافی را قطع می‌کنند. کار رسم منحنی‌های تراز ساختاری را از قسمتی آغاز می‌کنیم که تعداد نقاط تقاطع زیاد باشد و آن را ادامه می‌دهیم تا فقط قسمتهائی از نقشه باقی بماند که تعداد نقاط کنترلی کمتری دارند. در جاهائی که رخنمون سطح مورد نظر منحنی تراز توپوگرافی را قطع می‌کند، واضح است که ارتفاع سطح مورد بررسی، دقیقاً برابر ارتفاع منحنی تراز است. اگر در نزدیکی این نقطه دو یا چند نقطه دیگر با همان ارتفاع وجود داشته باشد، با وصل کردن آنها به هم، قسمتی از منحنی تراز ساختاری مربوط به آن ارتفاع به دست می‌آید.

در ابتدا به نظر می‌رسد که از بین نقاط با ارتفاع معین، مسیرهای مختلفی می‌توان عبور داد. (به عنوان مثال شکل (۶ ــ ب)، اما به هر حال، تنها یکی از آنها با اطلاعات موجود در نقشه مطابقت دارد (شکل ۶ ــ د). به عنوان مثال، اگر منحنی‌های تراز ساختاری با ارتفاع معین (که برای سطح یک افق مشخص رسم شده) و منحنی‌های تراز توپوگرافی کم‌ارتفاع‌تر سطح زمینی را قطع کند، در این صورت، سازند مورد نظر باید در این قسمتها، رخنمون داشته باشد. از سوی دیگر، اگر همین منحنی‌های تراز ساختاری در قسمتی که زمین مرتفع‌تر است، ادامه یابد، در این صورت رخنمونهای موجود در این قسمت از زمین باید مربوط به سازندهائی باشد که از نظر چینه‌شناسی بالاتر از افق مورد نظر است.

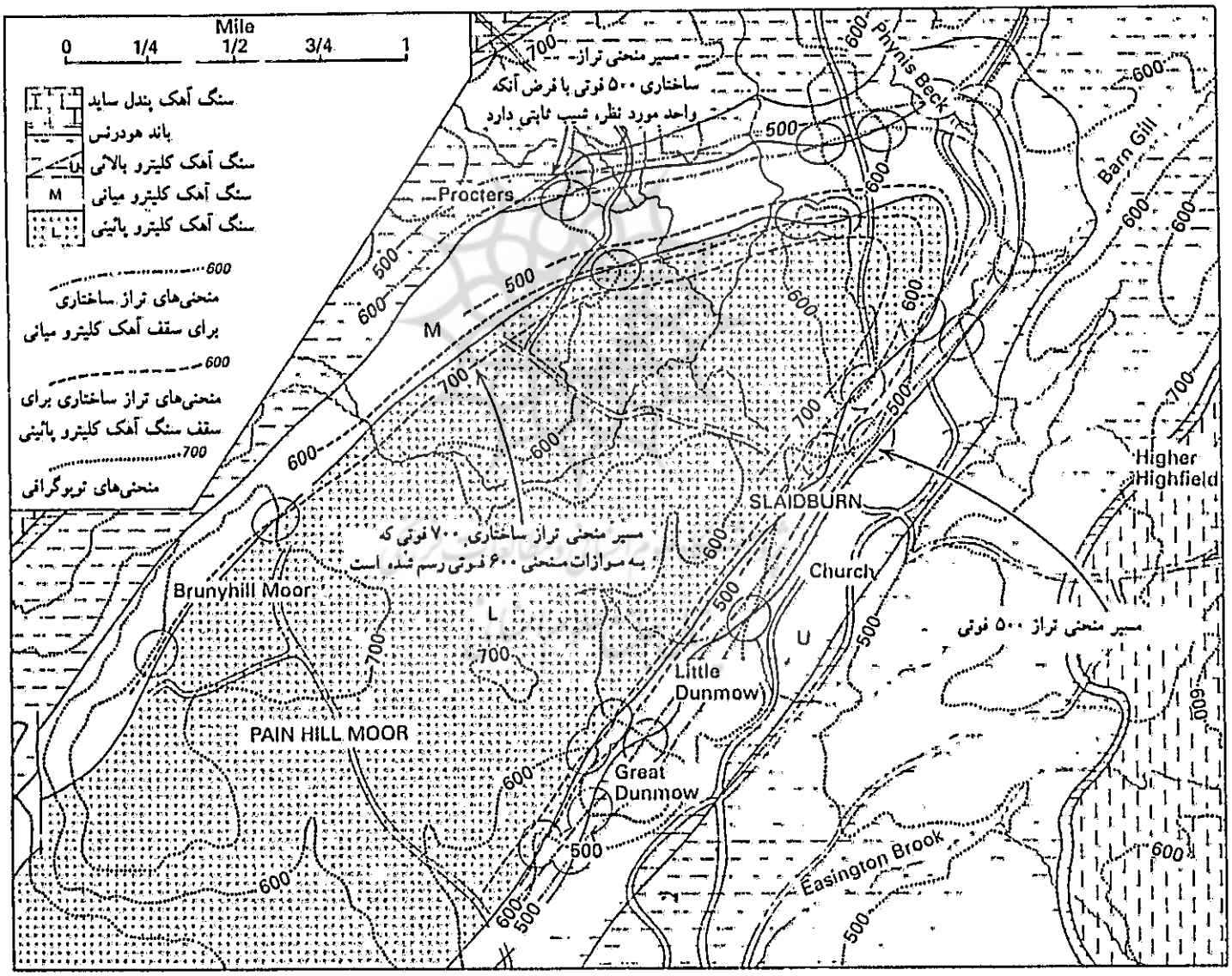
بدین ترتیب، منحنیهای تراز ساختاری و توپوگرافی فقط در نقاطی یکدیگر را قطع می‌کنند که سازند مورد بررسی، در سطح زمین رخنمون داشته باشد. البته تقاطع منحنی‌های تراز ساختاری با منحنی‌های توپوگرافی بالاتر، مانعی ندارد زیرا این امر به معنی آن است که افق مورد بررسی، در این قسمتها رخنمون ندارد و در زیر سطح زمین واقع است. برعکس، اگر منحنی‌های تراز ساختاری منحنی‌های توپوگرافی کم ارتفاع‌تر را قطع کنند، به معنی آن است که افق مورد بررسی، در این قسمتها فرسایش یافته و از بین رفته است.

به هنگام رسم منحنیهای تراز ساختاری، می‌توان با استفاده از درونیابی ارتفاعات نقاط کنترلی بیشتری به دست آورد. در اغلب موارد، منحنیهای تراز ساختاری به نرمی خمیده می‌شوند و اگر به تندی پیچند، یا در رسم آنها اشتباهی رخ داده است و یا اینکه احتمالاً گسلی وجود دارد. در رسم این منحنیها، تجربه نقش مهمی دارد و معمولاً با عملیات سعی و خطا همراه است.

در مواردی که منحنیهای ترازساختاری آزمایشی با اطلاعات توپوگرافی و رخنمونهای موجود در منطقه شروع کار مطابقت دارند، می‌توان آنها را به عنوان منحنیهای قطعی، درنظر گرفت و با استفاده از روشی که در مورد این منحنیها به کار رفته است، منحنیهای سایر مناطق را تکمیل کرد. از آنجا که منحنیهای مجاور هم معمولاً موازیند لذا اگر یکی از منحنیها به دقت رسم شده باشد از آن می‌توان به عنوان معیار مناسبی برای منحنیهای مجاور

استفاده کرد. البته این احتمال وجود دارد که منحنیهای مجاور با هم موازی نباشند و در مواردی که سطح مورد بررسی قائم باشد، این منحنیها بر یکدیگر منطبق می‌شوند. واضح است که قوانین اخیر، نسبت به نتایج حاصل از درونیابی که همگی فرضی‌اند، اولویت دارند. اگر مجموعه چند منحنی تراز مجاور به طور همزمان رسم شوند نتیجه کار به مراتب بهتر از حالتی است که هریک به طور مجزا کشیده شوند معمولاً رسم منحنیهای تراز مرتفع‌تر از سطح فعلی زمین، موردی ندارد زیرا در این مناطق، سطح مورد نظر، قبلاً فرسایش یافته است. از سوی دیگر، رسم منحنیهای تراز قسمتهائی از سطح که در زیر زمین قرار دارند، کاربرد زیادی دارد زیرا به کمک آنها می‌توان موقعیت سطح مورد بررسی را در زیر زمین تعیین کرد.

معمولاً ادامه کار از نقطه آغازین به سوی اطراف منطقه، آسانتر است، اما در مورد بعضی از نقشه‌ها، لازم است که منحنیهای تراز ساختاری ابتدا برای مناطق مجزائی که در آنجا، وضعیت توپوگرافی به خوبی مشخص است، رسم شود و منحنی‌های بین این مناطق را از طریق درونیابی یا برون‌یابی، تکمیل کرد. نگاهی به وضعیت رخنمون سنگها در نقشه ممکن است اطلاعاتی را درباره شکل سنگها به دست دهد و بنابراین، خود راهنمائی درباره وضعیت کلی منحنیهای تراز ساختاری باشد. با کمی تجربه، هرکسی بهترین راه رسم این منحنیها را به دست خواهد آورد. شکل ۳ــ۷، مثالی از منحنیهای تراز ساختاری واقعی را که براساس اطلاعات وضعیت رخنمون در یک نقشه توپوگرافی رسم شده است، نشان می‌دهد.

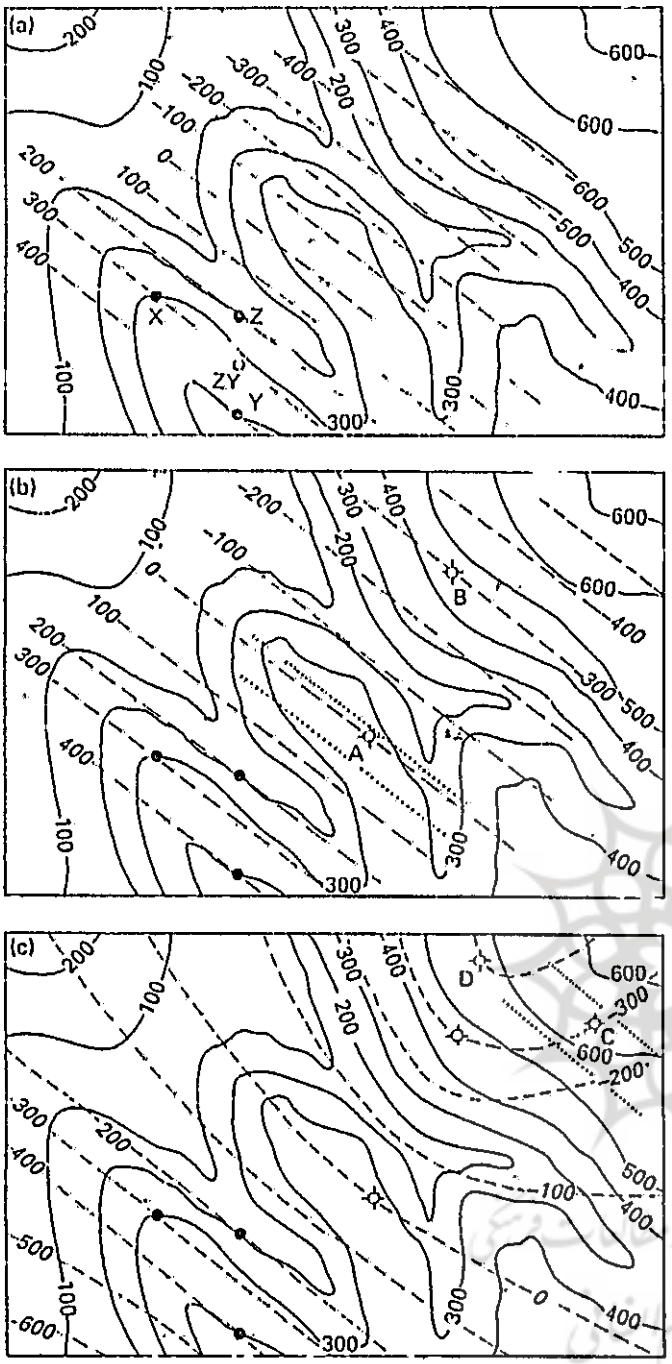


شکل ۷ــ رسم منحنیهای تراز ساختاری به کمک منحنیهای توپوگرافی و رخنمون در منطقه یورکشایر قسمتهائی از نقشه که با بیضی مشخص شده، نشانگر نقاطی است که اطلاعات حاصل از آنها در رسم منحنیهای تراز ساختاری، بسیار مفید بوده است. با استفاده از منحنیهای رسم شده براساس اطلاعات واقعی، بعضی منحنیهای دیگر مثل منحنیهای ۴۰۰، ۳۰۰ و ۲۰۰ نیز به طور تقریبی رسم شده‌اند تا ساختار زیرزمین منطقه نیز تا حدودی مشخص شود.

البته در این نقشه بعضی از اطلاعات تفسیری نیز اضافه شده است نکته مهم در رسم منحنیهای تراز ساختاری تنها سعی در رعایت سلسله قوانینی که بر شمردیم نیست بلکه مطلب مهم، درک روش ترسیم آنها است. همیشه سعی کنید که درباره آنچه که قصد رسم آن را دارید، تجسم فضائی ارائه کنید. معمولاً زمین‌شناسان با تجربه درباره رسم این منحنیها، با توجه به آنکه این روزها استفاده از کامپیوتر کارها را خیلی ساده کرده است، وقت زیادی را صرف نمی‌کنند، و کار اصلی خود را در موردچگونگی نحوه کارروش، تمرکز می‌سازند.

۳ ــ ۷ ــ رسم منحنیهای تراز ساختاری به کمک نقشه‌های توپوگرافی و گمانه‌ها

رسم منحنیهای تراز ساختاری براساس نقشه‌های توپوگرافی و وضعیت رخنمون، تنها در مورد سازندهای سطحی مفید است اما این اطلاعات را در مورد اعماق بیشتر، می‌توان با دقت کافی تعمیم داد و در مورد سازندهای خیلی عمیق، ممکن است ارزشی نداشته باشند در چنین مواردی، باید از اطلاعات واقعی در عمق، مثلاً از طریق حفر گمانه، کمک گرفت گرچه حفر گمانه پر هزینه است اما وجود یک یا چند گمانه، که موقعیت آنها به دقت تعیین شده باشد، در زمینه رسم منحنیهای تراز ساختاری، بسیار با ارزش است. در شکل ۸ مثالی در این مورد نشان داده شده است.



شکل ۸ــ مثالی درباره استفاده از اطلاعات حاصل از گمانه یا چاه برای تکمیل منحنیهای تراز ساختاری که براساس منحنیهای توپوگرافی رسم شده است.

شکل الف ــ منحنیهای توپوگرافی (خطوط پر) و رخنمون یک لایه زغال در نقاط z,y,x (دایره‌های سیاه) در دست است. در نقطه zy که در وسط نقاط z (۲۰۰ متر) و y (۴۰۰ متر) قرار دارد، ارتفاع لایه احتمالاً ۳۰۰ متر است و بنابراین منحنی تراز ۳۰۰ متری لایه باید از نقاط x و zy عبور کند. منحنیهای تراز ۲۰۰ و ۴۰۰ متری، به ترتیب از نقاط z و y به موازات این خط رسم می‌شوند. اگر شیب لایه را ثابت فرض کنیم، سایر منحنی‌ها نیز به موازات این منحنیها خواهند بود.

شکل ب ــ گمانه‌ای که در نقطه A حفر شده، برخلاف پیش‌بینی نقشه الف، لایه زغال را در عمق ۸۰ متری قطع نمی‌کند (بین منحنیهای ۰ و ۱۰۰ به صورت نقطه‌چین) بلکه ارتفاع نقطه برخورد آنها صفر است. این امر به معنی آن است که شیب لایه در جهت شمال شرقی از مقدار پیش‌بینی شده، بیشتر است. در شکل ب این مطلب به صورت افزایش فاصله منحنیهای تراز ساختاری، منعکس شده است. گمانه‌ای که در نقطه B حفر شده، لایه را مطابق آنچه که پیش‌بینی شده است، در عمق ۳۰۰ــ قطع می‌کند. درواقع منحنیهای شکل ب با اطلاعات حاصل از سر رخنمون و دوگمانه به خوبی منطبق است.

شکل ج ــ گمانه‌ای که در نقطه C حفر شده، برخلاف پیش‌بینی شکل ب، لایه را در عمق ۴۶۰ــ متری قطع نمی‌کند بلکه عمق نقطه تلاقی ۳۰۰ــ متر است. این امر را می‌توان به عنوان جهت معکوس شیب لایه در امتداد شمال شرقی تعبیر کرد (به بیان دیگر، لایه در جهت جنوب غربی شیب دارد). براساس این تعبیر، گمانه D باید لایه را در افق ۳۲۰ــ متری قطع کند. با توجه به آنکه افق برخورد این گمانه با لایه ۴۰۰ــ متر است لذا، منحنیهای تراز ساختاری موازی نیستند و بنابراین بایستی آنها را مطابق شکل ج رسم کرد.

ادامه دارد