# روشهای عمومی

# اکتشافات ژئوفیزیکی

نوشتهٔ : C. Coruh – E. Robinson
منبع: Basic Enploration Geophysics 1988 – John wileys sons
ترجمهٔ : پیمان رضایی ــ دانشجوی کارشناسی ارشد
زمین‌شناسی ــ دانشگاه تربیت معلم

تاریخچهٔ اکتشافات نفتی به یک قرن پیش باز می‌گردد. در آغاز هیچکس نمی‌دانست در کجا می‌توان نفت پیدا کرد. از اینرو در آغاز ثروتمندان و زمین‌داران به این کار می‌پرداختند. امّا امروزه گروههای اکتشافی با قابلیّت بالا در اکتشاف نفت وجود دارند. در ابتدا از وسایل و ابزار مورد استفاده در اکتشاف و استخراج چاههای آب در زمینه‌های نفتی استفاده می‌شد ولی اکنون از تکنولوژی پیشرفتهٔ‌ای در این زمینه استفاده می‌شود. در اکتشاف نفت از روشهایی چون نوسانات امواج صوتی، تغییر در خواص الکتریکی، مایعات تغییردهندهٔ رنگ و... استفاده شده است. البتّه گروهی از این روشها فاقد اعتبار بوده و تنها ما را دچار خطا و اشتباه می‌سازند.

با گذشت زمان، روشهای علمی و دقیق‌تری در اکتشاف نفت جایگزین روشهای گذشته گردیدند. و با استفاده از همین روشها، اطلاعات جامعی در باب زمین‌شناسی محیط پیدایش نفت به دست آمد. در بعضی مناطق رخنمون سنگها و چشم‌اندازهای محلی، ساختهایی زمین‌شناسی چون تاقدیسها را که می‌توانند حاوی نفت باشند مشخص می‌سازند. ولی در مناطق دشتی کم‌ارتفاع و مردابی نظیر ساحل خلیج تکزاس[1] و لویزیانا[2]، نمی‌توان از اطلاعات سطحی در شناخت ساختار زمین‌شناسی محل استفاده کرد. در این موارد می‌بایست از روشهایی در پی بردن به زمین‌شناسی تحت‌الارضی ناحیه استفاده کرد. اما چه روشهایی؟!

در قرن بیستم، زلزله‌شناسان شدت ارتعاشات امواج لرزه‌ای در داخل زمین را مشخص کردند. شاید از این طریق بتوان ساختهای زمین‌شناسی حاوی نفت را مشخص کرد؟! در همین زمان مهندسین نقشه‌برداری با مطالعهٔ شکل زمین، به وجود اختلافاتی ناچیز در نیروی جاذبهٔ زمین در ارتباط با چگالی توده‌های سنگی درون زمین پی بردند. چگالی نسبت جرم یک نمونه را به حجم آن بیان می‌کند. شاید بتوان از طریق ابزار و آلات حساس به تغییرات جاذبه در اکتشاف نفت استفاده کرد؟!

قبل از ایجاد صنعت نفت، از ابزار و وسایلی دیگر در اکتشاف سایر ذخایر معدنی زمین استفاده می‌کردند. بیش از دو قرن کانسارهای آهن را با توجه به خصوصیات مغناطیسی ــ اساس قطب‌نماها ــ پی‌جویی می‌کردند. دانشمندان در قرن نوزدهم پی بردند که ذخایر سولفیدی درون زمین باعث ایجاد میدانهای الکتریکی طبیعی می‌شوند.

امواج لرزه‌ای، میدانهای مغناطیسی، ویژگیهای الکتریکی و ثقلی (جاذبه‌ای) زمین امروزه اساس «ژئوفیزیک اکتشافی» را تشکیل می‌دهند. ژئوفیزیک اکتشافی بر پایهٔ این اختصاصات و بکارگیری روشهای غیرمستقیم به بررسی ساختمان زمین، ذخایر نفتی، کانسارهای معدنی و ساختارهای زمین‌شناسی می‌پردازد. با شروع عصر الکترونیک و کامپیوتر، تجهیزات به کار رفته در این شاخه از کیفیت بالایی برخوردار شده‌اند.

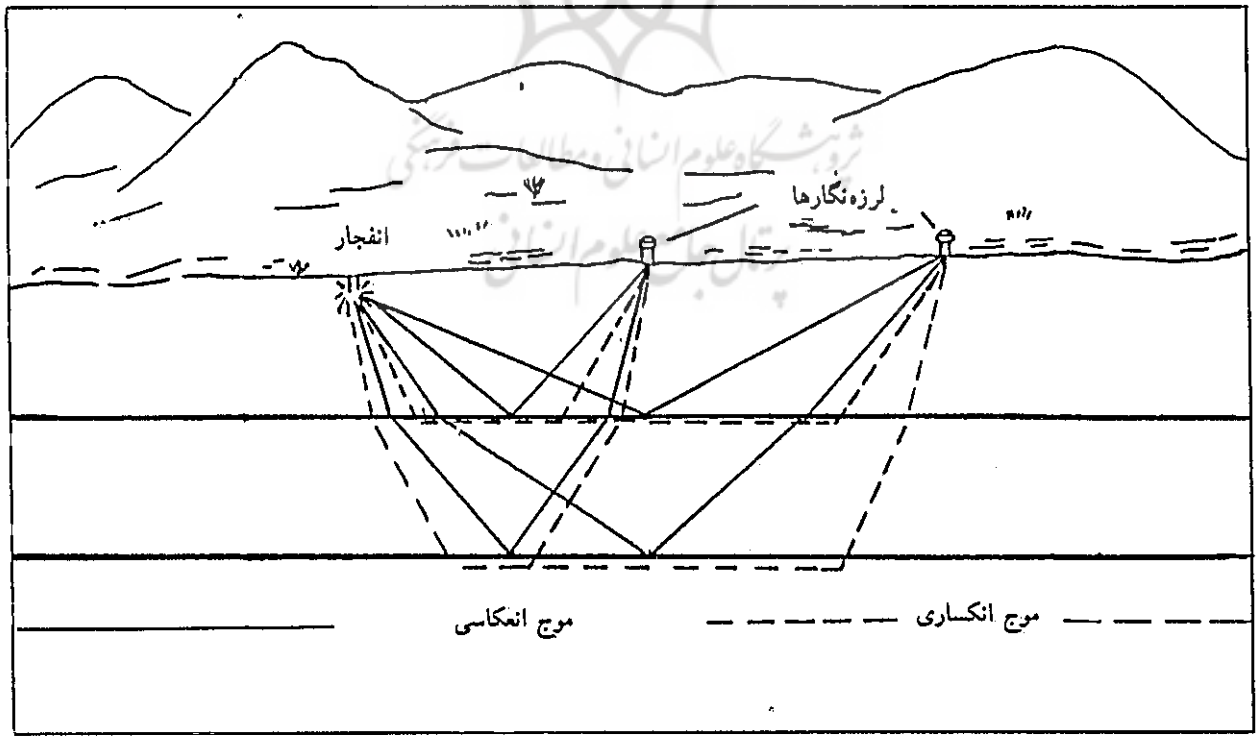
## لرزه‌شناسی اکتشافی:

اطلاعات ما نسبت به ساختمان درونی زمین حاصل بررسی لرزه‌ها است. بیشتر لرزه‌ها حاصل حرکت ناگهانی توده‌های سنگی در طول گسلها هستند. با جدا شدن قطعات سنگی از هم، انرژی آزاد شده نوساناتی را ایجاد می‌کند که به آن «امواج لرزه‌ای»[3] اطلاق می‌شود. این امواج نظیر موجی که به وسیلهٔ یک سنگ روی سطح آب ساکن ایجاد می‌شود در داخل زمین منتشر می‌شود. امواج منتشره به وسیلهٔ دستگاههای حساس به ارتعاش به نام «لرزه‌نگار»[4] در سطح زمین ثبت می‌شوند.

منشأ زمین‌لرزه‌ها عمدتاً در پوسته و گوشتهٔ فوقانی است. ولی راههای دیگری برای تولید امواج لرزه‌ای به منظور بررسی اختصاصات زمین‌شناسی بخشهای سطحی زمین وجود دارد. امواج لرزه‌ای به وسیله انفجاراتی تولید و سپس به وسیلهٔ لرزه‌نگارهای کوچک (در حد مشت انسان) که در همان نزدیکی قرار دارند ثبت می‌شوند. این فرآیند توسط «لرزه‌شناسان اکتشافی» کنترل می‌شود آنها مسیر امواج لرزه‌ای را با توجه به موقعیت انفجارها و محل لرزه‌نگارها مشخص ساخته و سرعت امواج لرزه‌ای را در بخشهای مختلف زمین تعیین کرده و از این طریق پی به اختصاصات سنگ‌شناسی ناحیه می‌برند، چرا که سرعت امواج از سنگی به سنگ دیگر فرق می‌کند.

سرعت امواج لرزه‌ای در سنگها و رسوبات بسیار متغیر است. سرعت امواج لرزه‌ای برحسب متر بر ثانیه (m s) در سیستم بین‌المللی (SI) و یا کیلومتر بر ثانیه (Km s) یا فوت بر ثانیه (Ft s) بیان می‌شود. برای مثال در ماسه‌سنگ سرعت امواج به ۵۰۰۰m s (۱۶،۴۰۰ft s) و در سنگ آهک ۶۰۰۰m s (۱۶/۴۸۰ft s) می‌باشد. مقادیر فوق در تمام لایه‌های ماسه‌سنگی یا آهکی یکسان نیست. لازم به یادآوری است که غالب لرزه‌شناسان سرعت و شتاب را به جای هم به کار می‌برند. در شرایط ایده‌آل می‌بایست شتاب (تندی) و جهت سرعت موج مشخص شوند. که بسیاری مواقع جهت حرکت موج حذف می‌شود.

نقشه‌برداری لرزه‌ای به وسیلهٔ مجموعه‌ای از لرزه‌نگارهای مستقر در طول یک مسیر مستقیم و یک انفجار در نزدیکی یکی از دو سر این مسیر انجام می‌شود. اگر طبقات و لایه‌های سنگی افقی باشند یا شیب کمی داشته باشند، امواج لرزه‌ای مسیر ساده و معینی را طی می‌کنند. در شکل یک مسیر امواج لرزه‌ای انعکاسی و انکساری نشان داده شده‌اند. امواج لرزه‌ای انعکاسی پس از برخورد به مرز لایه‌ها، منعکس و به سطح زمین بازگشت داده می‌شوند. ولی امواج انکساری پس از رسیدن به مرز لایه‌ها، در طول آن حرکت می‌کنند.



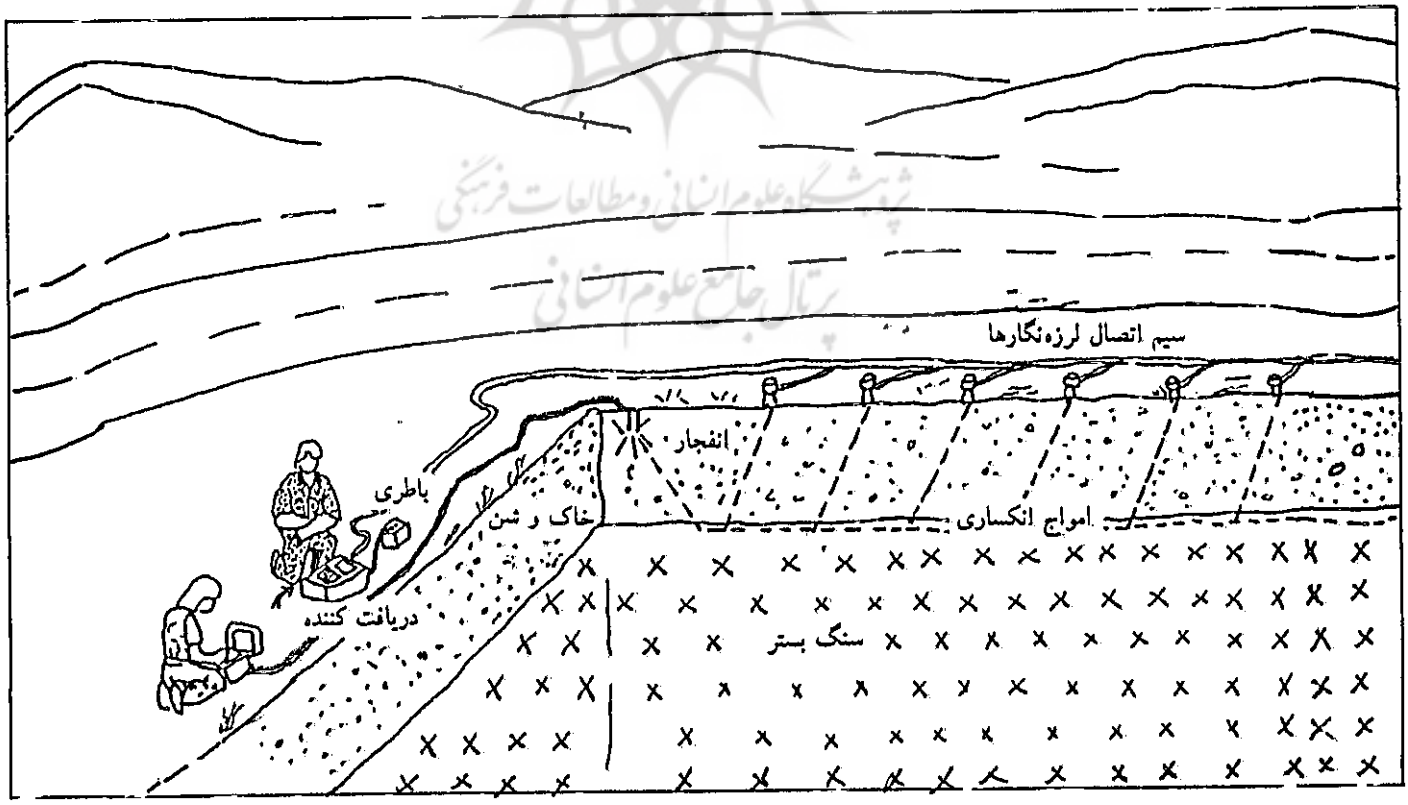

تصویر ۱ ــ امواج انعکاسی و انکساری حاصل از یک انفجار کوچک و مسیر حرکت آنها در طبقات سنگی مختلف.

هر لرزه‌نگار (تصویر ۱) پیش از یک موج لرزه‌ای را دریافت می‌کند هر موج لرزه‌ای با رسیدن به لرزه‌نگار و ایجاد یک حرکت لحظه‌ای باعث ثبت نوسانات حاصل در لرزه‌نگار می‌شود که به آن «لرزه‌نگاشت»[5] می‌گویند. این لرزه‌نگاشت معرف زمانهای مختلفی است که امواج انکساری و انعکاسی به لرزه‌نگار می‌رسند. این زمانها به وسیلهٔ لرزه‌شناسان اکتشافی به منظور تعیین سرعت امواج در لایه‌های مختلف و نیز ضخامت لایه‌های زمین مورد بررسی قرار می‌گیرند.

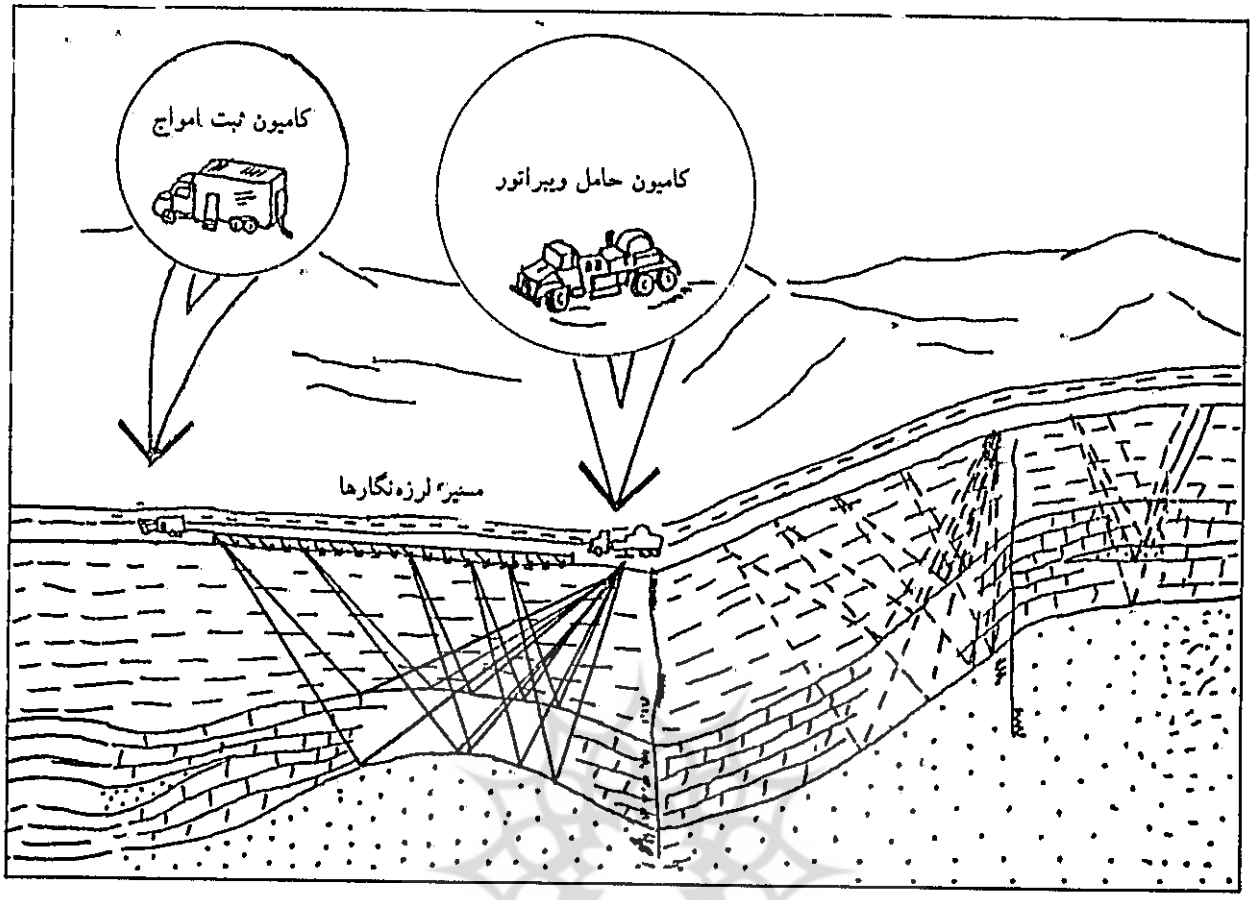
نقشه‌برداریهای ساده لرزه‌ای به وسیلهٔ دو یا سه نفر انجام می‌شوند. برای مثال برای تعیین ضخامت شن و ماسه‌ای که سنگ بستر را پوشانده‌اند (تصویر ۲) در یک پروژه راه‌سازی از یک دو جین لرزه‌نگار در یک خط و فواصل ۵ متری استفاده می‌شود. با ایجاد انفجاری در فاصلهٔ نیم کیلومتری، امواج انکساری پدید می‌آیند و از طریق آنها ضخامت شن و ماسه که ۱۵ متر است مشخص می‌شود (تصویر ۲). به جای مواد منفجره می‌توان به وسیلهٔ پرتاب یک وزنه روی زمین یا چکش زدن روی زمین امواج لرزه‌ای را ایجاد کرد. اندازه‌گیریها و محاسبهٔ عمق سنگ بستر را دو یا سه نفر در مدت ۱/۵ ساعت انجام می‌دهند. در این نقشه‌برداریها، خط قرارگیری لرزه‌نگارها چهار برابر حداکثر عمق لایهٔ مورد نظر طول دارد. در این موارد بیشتر از امواج انکساری استفاده می‌شود تا امواج انعکاسی.

نقشه‌برداریهای لرزه‌ای در اکتشافات نفتی عمقی تا ۱۰ کیلومتر (۳۲/۸۰۰ft) را پوشش می‌دهند. در این نقشه‌برداریها از امواج لرزه‌ای انعکاسی و صدها تا هزاران لرزه‌نگار استفاده می‌شود. خطوط استقرار لرزه‌نگارها گاه بیش از ۵ کیلومتر طول دارند. در این موارد برای جابجایی لرزه‌نگارها، کابلها و سایر وسایل به ۲۰ ــ ۱۰ نفر احتیاج است. برای تولید امواج لرزه‌ای در حالت بالا به جای مواد منفجره از کامیونهای سنگین مولد ارتعاش[6] استفاده می‌شود. نقشه‌برداریها به گونه‌ای انجام می‌شوند که لرزه‌نگارها بر روی خطوطی در امتداد جاده‌ها و مسیرهای اصلی قرار داشته باشند (تصویر ۳). امواج لرزه‌ای پس از انعکاس توسط لایه‌های عمقی درون زمین ثبت می‌شوند.

برای این منظور دستگاه گیرنده امواج که در کامیونی قرار دارد، در فاصلهٔ کمی از لرزه‌نگارها قرار داده می‌شود. گاه به منظور دقت عمل و جلوگیری از اشتباه مراحل بالا مجدداً تکرار می‌شوند. با




تصویر ۲ ــ امواج لرزه‌ای انکساری به منظور تعیین ضخامت شن و ماسه پوشاننده سنگ بستر.




تصویر ۳ ــ لرزه‌نگاری انعکاسی به منظور تعیین ساخت‌های زمین‌شناسی که احتمالاً دارای نفت و گاز هستند.

بررسی لرزه‌نگاشتها، تغییرات زمانی در دریافت و ثبت امواج انعکاسی مشخص می‌شوند و از این طریق تغییرات لایه‌های سنگی در اعماق زمین نظیر چین‌خوردگیها تشخیص داده می‌شوند.

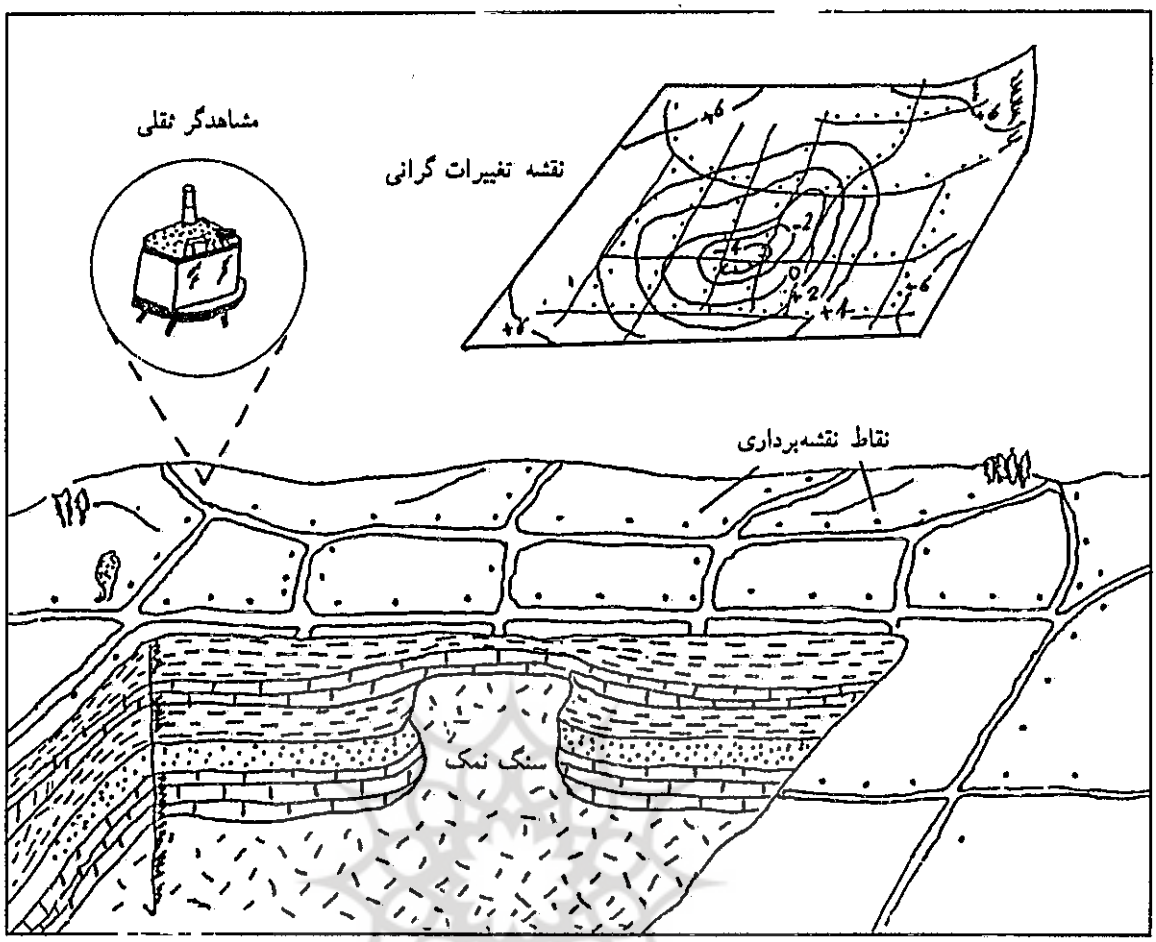
گروههای تخصصی لرزه‌ای در صنعت نفت نقش مهمی دارند. امروزه بیش از ۵۰۰ گروه لرزه‌شناسی اکتشافی در سراسر جهان فعالیت می‌کنند.

مشکل اصلی در لرزه‌شناسی اکتشافی نوسانات و امواج مزاحمی هستند که به وسیله لرزه‌نگارها ثبت می‌شوند. و باعث ابهام در آنها می‌گردند. وزش باد بر روی درختان، ترافیک در جاده‌ها، اثرات ساختهای زمین‌شناسی از جمله عوامل ایجاد این نوسانات مزاحم هستند. گاه این نوسانات به حدی شدید هستند که لرزه‌نگاشت ارزش خود را از دست می‌دهد.

نیروی گرانی و زمین‌شناسی ــ نیروی گرانی زمین در تمام نقاط یکسان نیست. باتوجه به چگالی سنگها، نیروی گرانی زمین از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر تغییر می‌کند. همانطور که در ابتدا عنوان شد چگالی عبارت از نسبت جرم به حجم است. این کمیت در سیستم بین‌المللی SI بر حسب $kg/m^3$ بیان می‌شود (یا $gr/cm^3$).

ژئوفیزیکدانهای اکتشافی در تلاش هستند تا با توجه به تغییرات جاذبه‌ای زمین انواع سنگها را شناسایی کنند. برای مثال یک گنبد نمکی بالا آمده که طبقات شیلی را شکافته (تصویر ۴) باعث کاهش ناچیز ولی قابل محاسبه در جاذبه زمین در ناحیه فوق می‌شود. چرا که چگالی نمک ($2gr/cm^3$) از چگالی شیل ($2/6gr/cm^3$) کمتر است. از آنجائی که بخش مهمی از ذخایر نفت و گاز در بالا و حاشیه گنبدهای نمکی یافت شده‌اند، اکتشاف گنبدهای نمکی از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند.

نیروی گرانی زمین به وسیله ابزاری ساده به نام «گرانی‌سنج»[۷] اندازه‌گیری می‌شود. این دستگاه شامل فنری حساس است که از یک طرف به وسیله وزنه‌ای کشیده می‌شود و از طرف دیگر به وسیله شیئی کوچک ثابت می‌شود. با جابجایی گرانی‌سنج از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر، تغییرات جاذبهٔ زمین با تأثیر در میزان کشش فنر مشخص می‌شود. از این طریق تغییرات جاذبه در نقاط مختلف زمین مشخص می‌شود و نقشه‌های تغییرات جاذبه تهیه می‌شوند (تصویر ۴).




تصویر ۴ ــ نقشه‌برداری تغییرات گرانی زمین در مورد یک گنبد نمکی و نقشه کانتوری مربوط به آن.

فاصله نقاط اندازه‌گیری از یک کیلومتر تا چند کیلومتر تغییر می‌کند. این تغییرات به عمق و وسعت ساختهای زمین‌شناسی ناحیه‌ای بستگی دارد. گرانی‌سنج را می‌توان در مدت کمتر از ۵ دقیقه در ایستگاه مورد نظر مستقر کرد. این عمل را یک نفر می‌تواند به تنهایی انجام دهد ولی برای تعیین ارتفاع و موقعیت و جابجایی وسایل به افراد بیشتری احتیاج است. تغییرات جاذبه در نقاط مختلف، در خشکیها و یا دریاها به وسیله کشتی یا هلیکوپتر و هواپیما (نقشه‌برداری هوایی) صورت می‌پذیرد.

از روی اندازه‌گیری تغییرات گرانی می‌توان مستقیماً تفسیر زمین‌شناسی ارائه کرد. در آغاز می‌بایست در این اندزه‌گیریها، ارتفاع و موقعیت نقاط اندازه‌گیری بازنگری شوند. سپس تغییرات در چگالی سنگها را مشخص کرده و بر این پایه پروفیلها (مقاطع) و نقشه‌های کانتوری تهیه می‌شود که معرف خصوصیات زمین‌شناسی ناحیه‌ای هستند. (تصویر ۴).

تفسیر نتایج حاصل از اندازه‌گیری ثقلی به خاطر ترکیب تأثیرات ثقلی ساختهای زمین‌شناسی مشکل است. امروزه ژئوفیزیکدانها از روشهای جدیدی در تحلیل داده‌های مربوط به گرانی استفاده کرده و از این طریق شکل و عمق ساختارهای زمین‌شناسی ایجاد کنندهٔ تغییرات ثقلی را شناسایی می‌کند.

نیروی مغناطیسی و زمین‌شناسی ــ قطب‌نمای مغناطیسی از مهمترین ابداعات انسان است. امبته قطب‌نما در بعضی نقاط چندان قابل اعتماد نیست. جهت قطب‌نما می‌تواند معرف وجود تمرکزی از کانیهای مغناطیسی در نزدیکی قطب‌نما باشد. بیش از سه قرن پیش، مکتشفین از این ابزار جهت اکتشاف کانسارهای مغناطیسی نظیر مگنتیت استفاده کردند.

با گذشت زمان، ابزار و تجهیزات دقیق و ظریفی برای اندازه‌گیری میدان مغناطیسی زمین ساخته شد. با استفاده از «مغناطیس‌سنج»[۸] میدان مغناطیسی زمین به طور دقیق مشخص می‌شود.

برای مغناطیس زمین دو منشاء عنوان شده است. در نظریه اول که اعتبار بیشتری داشته «جریان سیالات یونیزه در داخل هستهٔ مذاب زمین» عامل مغناطیس زمین شناخته شده است. در نظریه دوّم تراکم غیر یکنواخت و ناهمگن کانیهایی چون مگنتیت[۹] در سنگهای متشکله پوستهٔ زمین را عامل مغناطیس زمین می‌دانند. نظریه دوم اگرچه اعتبار چندانی نداشته ولی در ژئوفیزیک اکتشافی مورد استفاده قرار می‌گیرد. تغییرات شدید مغناطیس محلی زمین معرفی است بر تغییرات زمین‌شناسی آن محل شدت تغییرات مغناطیسی بوسیلهٔ واحدی بنام «گاما[۱۰] γ» بیان می‌شود. امروزه گروهی از ژئوفیزیکدانها از واحدی بنام «نانوتسلا» در سیستم SI استفاده می‌کنند که قابل تبدیل به γ نیز می‌باشد.

تغییرات شدت میدان مغناطیسی از چند ده تا چند صد گاما و حتی تا ۲/۰۰۰ گاما نیز مورد توجه ژئوفیزیکدانها قرار می‌گیرد. این مقادیر معرف تغییرات در قابلیت مغناطیسی سنگهای پوسته است. قابلیت مغناطیسی کمیتی است بدون واحد که معرف قابلیت سنگها در پذیرش خاصیت مغناطیسی است. اگر این قابلیت در یک دایک گابرویی ۰/۰۰۵ و یک گرانیت کمتر از ۰/۰۰۱ باشد، با استفاده از مغناطیس‌سنج تغییراتی در حد ۲۰۰ ــ ۱۰۰ گاما بدست می‌آید. قابلیت مغناطیسی دایک به اندازهٔ آن و کانیهای متشکله نیز بستگی دارد. چنانچه دایک دارای مگنتیت و کانیهای آهن‌دار باشد این قابلیت به ۰/۱ نیز می‌رسد. که با توجه به اندازهٔ دایک و فاصلهٔ آن از مغناطیس‌سنج تغییرات در حد ۱۰۰ گاما نیز قابل اندازه‌گیری است.

بیشتر مغناطیس‌سنجها به گونه‌ای ساخته شده‌اند که در یک چمدان نیز قابل حمل هستند. گروهی دیگر بوسیله دست حمل می‌شوند یا اینکه بر روی یک سه‌پایه نصب می‌شوند. بیشتر مغناطیس‌سنجها بر روی هواپیما سوار شده و در مسیرهای پروازی پیوسته و معین تغییرات مغناطیسی را ثبت می‌کنند. و بدین وسیله ساختهای دارای ذخایر معدنی را مشخص می‌کنند (تصویر ۵). نقشه‌برداری هوابرد مغناطیسی امروزه در بسیاری نقاط دنیا انجام می‌شود. در دریا، این مهم بوسیلهٔ کشتی انجام می‌شود.

ژئوفیزیکدانها با توجه به تغییرات مغناطیسی اندازه‌گیری شده در یک ناحیه مقاطع و نقشه‌های مغناطیسی را تهیه می‌کنند. روشهای ثبت و تحلیل داده‌های مغناطیسی مشابه روش گرانی‌سنجی است. با محاسبهٔ تغییرات تئوریک مغناطیسی برای ساختهای مختلف زمین‌شناسی سعی بر آن است که الگویی مناسب برای مقایسه و تفسیر تغییرات محلی و مغناطیسی زمین تهیه شود.

**اکتشافات الکتریکی ــ** ژئوفیزیکدانها از روشهای مختلفی برای اندازه‌گیری خصوصیات الکتریکی سنگهای زمین استفاده می‌کنند که یکی از آنها مقاومت سنگ در مقابل عبور جریان الکتریکی است. قابلیت دو قطبی شدن سنگها در یک میدان الکتریکی و شدت آن از جملهٔ دیگر خصوصیات الکتریکی سنگها است. دو قطبی شدن حاصل تمرکز بار الکتریکی مثبت در یک گوشهٔ جسم و بار الکتریکی منفی در گوشهٔ دیگر جسم است. می‌توان سنگهای دو قطبی شده را همچون یک باطری در درون زمین فرض کرد.

نخستین وسیلهٔ اکتشاف الکتریکی به منظور تعیین کانسارهای دوقطبی طبیعی درون زمین ساخته شد. برای مثال توده‌های سولفیدی به علت تمرکز یونهای حاصل از فرآیندهای هوازدگی و جریان آبهای زیرزمینی، خاصیت دو قطبی دائمی و مشهودی را از خود نشان می‌دهند. با استفاده از یک ولتمتر در میان دو الکترود در سطح زمین می‌توان اختلاف پتانسیل حاصل از یک تودهٔ دو قطبی شده را مشخص ساخت. با محاسبهٔ اختلاف پتانسیل در فواصل منظم یک ناحیه و نحوهٔ این تغییرات، موقعیت تودهٔ دو قطبی مشخص می‌گردد.

همیشه می‌توان به میدانهای الکتریکی طبیعی اعتماد کرد. با قرار دادن یک باطری میان دو الکترود می‌توان جریان الکتریکی در داخل زمین ایجاد کرد و سپس اختلاف پتانسیل حاصل را بوسیلهٔ دو الکترود دیگر و یک ولتمتر اندازه‌گیری می‌کنیم (تصویر ۶). از این طریق مقاومت الکتریکی سنگ مشخص می‌شود. الکترودها در حالتهای مختلف قرار داده می‌شوند و به اشکال مختلف اختلاف پتانسیل اندازه‌گیری می‌شود. نقشه‌برداریهای الکتریکی به گونه‌ای انجام می‌شوند که بتوانند تا عمق چند صد متری نفوذ کنند. الکترودهای مناسب از انواع مختلف فلزات ساخته می‌شوند.

زمانیکه ما در درون زمین یک جریان الکتریکی برقرار می‌کنیم، سنگهای دارای یونهای فلزی بطور موقتی پلاریزه می‌شوند. این فرآیند را «دو قطبی القایی» می‌نامند (IP). این دو قطبی بودن سنگ با توجه به وجود عناصر فلزی، غلظت و تراکم آنها در سنگ برای مدتی پس از قطع جریان باقی می‌ماند. تعیین این زمان در اکتشاف کانسارهای سولفیدی بسیار مهم هستند. در نقشه‌برداری دو قطبی القایی، الکترودها در فواصل یکنواخت (نسبت به هم) در منطقه قرار داده می‌شوند.

به منظور بررسی نحوهٔ ایجاد جریان الکتریکی می‌توان از انواع سیم‌پیچ‌های مغناطیسی استفاده کرد دستگاهی که به این منظور بکار می‌رود از یک سیم‌پیچ بزرگ اولیه (فرستنده) و یک سیم‌پیچ کوچک ثانویه (گیرنده) تشکیل شده است. در سیم‌پیچ اولیه یک جریان متناوب الکترومغناطیسی ایجاد می‌شود که توسط سیم‌پیچ ثانویه

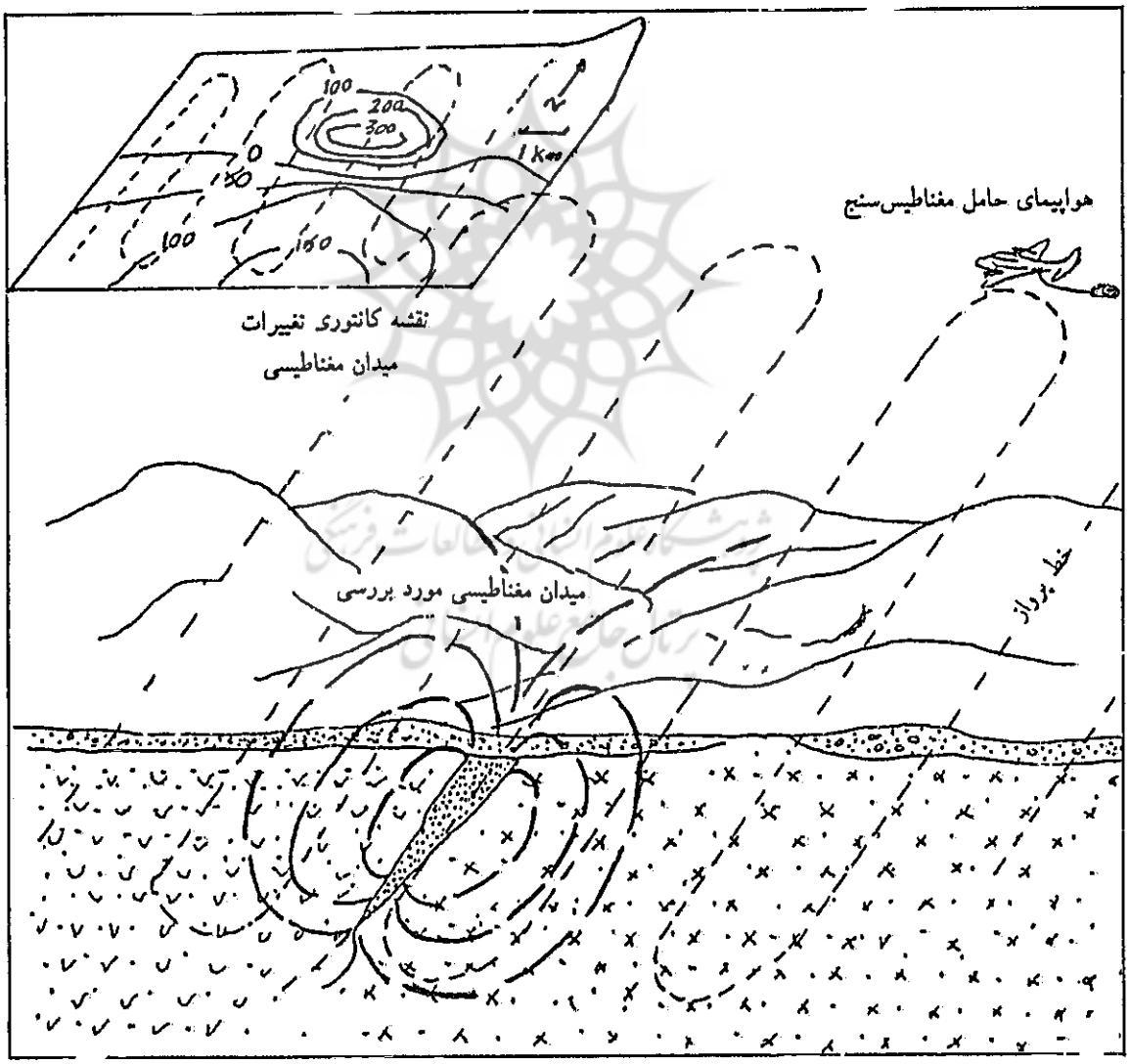
(گیرنده) دریافت می‌شود. شدت و سرعت جریان ثانویه، مقاومت الکتریکی سنگها را مشخص می‌سازد. امروزه گروههای اکتشافی چه در سطح زمین و یا بوسیله هواپیما (پرواز در ارتفاع کم) از انواع سیم‌پیچ در اشکال و با قابلیت‌های مختلف استفاده می‌کنند.

نمودارگیری ژئوفیزیکی از چاهها ــ [12] در شناخت اختصاصات زمین‌شناسی تحت‌الارضی حفر چاهها به عنوان یک روش تجربی بسیار باارزش هستند. اما حفاری چه اطلاعاتی را به ما می‌دهد؟ نمونه‌های خردشدهٔ سنگی که از یک چاه به دست می‌آیند چنان با هم مخلوط شده‌اند که نمی‌توان مشخص کرد که هر یک از کدام بخش آمده‌اند. برای رفع این اشکالات و تشخیص خصوصیات سنگها در یک چاه حفر شده از وسایل و ابزار تهیه نمودارهای حفاری استفاده می‌کنند.

این ابزار در اندازه‌گیری مقاومت سنگها، پتانسیل طبیعی آنها، سرعت امواج لرزه‌ای، ویژگیهای رادیو اکتیویتهٔ سنگها کاربرد وسیعی دارند. این ابزار در اندازه‌گیری تغییرات جاذبه، مغناطیس و حرارت چندان قابل استفاده نیستند.

نمودارگیری در چاههای آب، چاههای اکتشافی معدنی و چاههای نفتی مورد استفاده فراوان قرار می‌گیرند. امروزه چندین شرکت در این زمینه در سطح جهانی فعالیت می‌کنند. آنها با اعزام گروههای مختلف به سراسر جهان اقدام به نمودارگیری از چاهها به کمک کامیون یا کشتی می‌کنند.

واحدهای فیزیکی ــ به منظور بیان کمیت‌های مورد

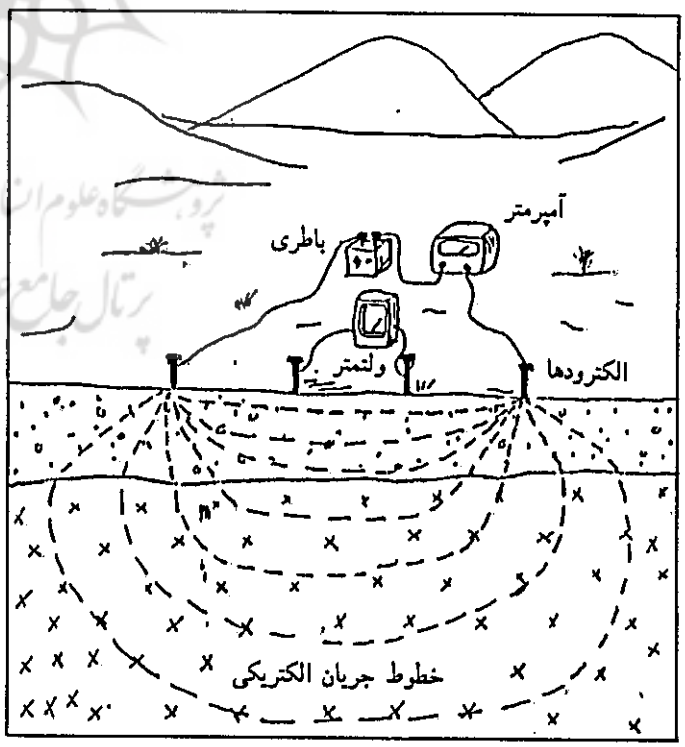



تصویر ۵ــ نقشه‌برداری هوایی مغناطیسی از ناحیه دارای کانسارهای مغناطیسی مسیر پرواز هواپیما و نقشه کانتوری تغییرات میدان مغناطیسی نشان داده شده است.

اندازه‌گیری و خصوصیات فیزیکی زمین می‌بایست از واحدهایی استفاده کرد. در فرهنگ ژئوفیزیک با واحدهایی مرکب از متر، کیلوگرم، ثانیه (m,k,s) یا سانتی‌متر، گرم، ثانیه در سیستم متریک و یا سیستم انگلیسی روبرو می‌شویم. امروزه سعی بر این است که در سراسر جهان از سیستم بین‌المللی (SI) استفاده شود. البته در حال حاضر در کنار سیستم SI، واحدهایی از سایر سیستمهای اندازه‌گیری باقی مانده‌اند.

ارتباط فیزیک و زمین‌شناسی ــ نزدیک به یک قرن پیش، زمین‌شناسان شروع به مطالعهٔ گنبدهای نمکی کردند. اطلاعات اولیه همگی حاصل اکتشافات تصادفی بودند. علم فیزیک در این زمینه نقشی نداشت، چرا که هیچکس در مورد ساختارهای نمکی و اصول فیزیکی حاکم براین ساختارها اطلاعاتی نداشت. بر پایهٔ اطلاعات حاصل از بعضی نمونه‌های حفاری، زمین‌شناسان اطلاعاتی در مورد شکل و ابعاد این ساختارهای نمکی بدست آوردند. بر پایه این اطلاعات نقش علم فیزیک در شناخت و اکتشاف گنبدهای نمکی روشنتر شد، برای مثال تغییرات ثقلی حاصل از این گنبدهای نمکی و اندازه‌گیری این تغییرات.

اکتشاف گنبدهای نمکی مثالی از نمونه‌های فراوان است که در




تصویر ۶ ــ اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی به منظور تعیین ضخامت خاک و شن پوشانندهٔ سنگ بستر.

آنها، ژئوفیزیکدانها بر پایهٔ علم فیزیک به زمین‌شناسان در جهت شناخت انواع سنگها و ساختهای موجود در طبیعت و چگونگی پی‌جویی آنها کمک کردند.

تحلیلها و تفسیرهای ژئوفیزیکدانها در مورد یک کمیت اندازه‌گیری شده گاه بر پایهٔ مدلهای استاندارد ساختمان زمین استوار است. برای نمونه زمان امواج لرزه‌ای که از روی یک لرزه‌نگاشت محاسبه می‌شود را می‌توان با زمان همین امواج لرزه‌ای در تناوبی از لایه‌های افقی مقایسه کرد. در صورت برابر بودن این زمانها، ضخامت لایه‌ها و سرعت امواج لرزه‌ای به‌دست می‌آید. بدین ترتیب مدل لایه‌های افقی و سطحی می‌تواند راهنمایی خوب در شناخت ساختمان زمین در ناحیهٔ موردِ نظر باشد. بر پایه مثال بالا، با ایجاد مدل کاملی که شامل لایه‌های شیب‌دار (مقدار شیب در اعماق مختلف تغییر می‌کند) باشد می‌توان سرعت امواج لرزه‌ای را در طول مسیر به کمک یک سری فرمول قابل محاسبه هستند. در اینصورت تفسیرها و تحلیلها دقیق‌تر و مستندتر خواهد بود.

علاوه براین، ما می‌توانیم تغییرات جاذبه‌ای حاصل از ساختارهایی با اشکال و چگالی مختلف را باهم مقایسه کنیم. تغییرات محاسبه شده در مورد یک استوانهٔ عمودی را می‌توان تغییرات حاصل از یک گنبد نمکی مشابهت داد. اگر محاسبات ما با منشوری از اشکال مختلف قابل مقایسه باشند، تفسیر اول را می‌توان رد کرد. مثالهایی از این قبیل نشان می‌دهد که چگونه زمین‌شناسی مدلهایی استاندارد از ساختمان زمین ارائه می‌دهد و علم فیزیک نیز با ارائه معادلات لازم، امکان پیش‌بینی تأثیرات و تغییرات مغناطیسی، لرزه‌ای، جاذبه‌ای و الکتریکی را فراهم می‌سازد. دانش زمین‌شناسی در افزایش درک ما نسبت به سنگهای واقعی در یک مدل تئوریک فیزیکی مؤثر است.

زیرنویسها:

۱ ــ Texas
۲ ــ Louisiana
۳ ــ Seismic wares
۴ ــ Seismometer
۵ ــ Seismogram
۶ ــ Vibrator truck
۷ ــ Grarimeter
۸ ــ Magnetometer
۹ ــ Magnetite
۱۰ ــ Gama
۱۱ ــ Nannotesla (nT)
۱۲ ــ Geophysical well logging