الجيوفيزياء التطبيقية

أ.د. محمد حسين سعد

أدى استخراج الوقود الأحفوري (النفط والغاز والفحم)، والمعادن المفيدة من باطن الأرض بصورة مستمرة، وبمعدل متزايد إلى مخاوف من حدوث نقص وشيك لهما؛ مما قد يهدد الاقتصاد العالمي، وطريقة حياة البشر في العالم خاصة المتحضر. وفضلاً عن ذلك فإن زيادة استهلاك الموارد الطبيعية تؤدي إلى ظهور المشاكل البيئية بكافة أنواعها وصورها، ومن ثم أصبح من الضروري العمل على استكشاف أماكن جديدة للمصادر الطبيعية، مع تنمية المصادر الموجودة حالياً لزيادة الاحتياطي المخزون منهما، وإيجاد حلول علمية للمشاكل البيئية المصاحبة لاستنزاف واستهلاك تلك المصادر.

اعتمدت طرق الاستكشاف في القرن العشرين على الملاحظات والشواهد الحقلية السطحية المباشرة لترسبات وعروق المعادن، ورشوحات الهيدروكربونات المتراكمة على سطح الأرض، ومحاولة معرفة امتدادات هذه المصادر تحت السطح بطرق غير مباشرة، من خلال ملاحظة وتتبع المعلومات والبيانات الجيولوجية السطحية في هذه الأماكن، إلا أن هذه الطرق لم تحقق الهدف المنشود منها، وهو زيادة المخزون من مصادر الطاقة.

ومن هنا كان من الضروري البحث عن طرق استكشافية حديثة لاتعتمد بصفة أساس على المشاهدات الجيولوجية السطحية، بل تستخدم قياسات فيزيائية على سطح الأرض يمكن من خلال تفسيرها الحصول على معلومات عن تركيب وتكوين الصخور تحت السطحية، والتي تفيد في تحديد مواقع التراكيب الجيولوجية المختلفة التي تحوي العديد من مكامن النفط والغاز والمياه الجوفية.. وغيرها، وهذا مايسميه العلماء علم الجيوفيزياء التطبيقية.

يرتكز علم الجيوفيزياء (Geophysics) بصفة أساس على علمي الجيولوجيا والفيزياء، فضلاً عن ارتباطه بالعديد من العلوم الأخرى – التي تلعب دوراً مهماً في تطوره وتقدمه – مثل الرياضيات، والفلك، والحاسبات الآلية، والأرصاد الجوية، ويوضح الشكل (١) علاقة الجيوفيزياء بالعلوم الأخرى، ومجالات بحثها، والطرق الجيوفيزيائية المستخدمة في أنواع الاستكشاف المختلفة.

أقسام علم الجيوفيزياء

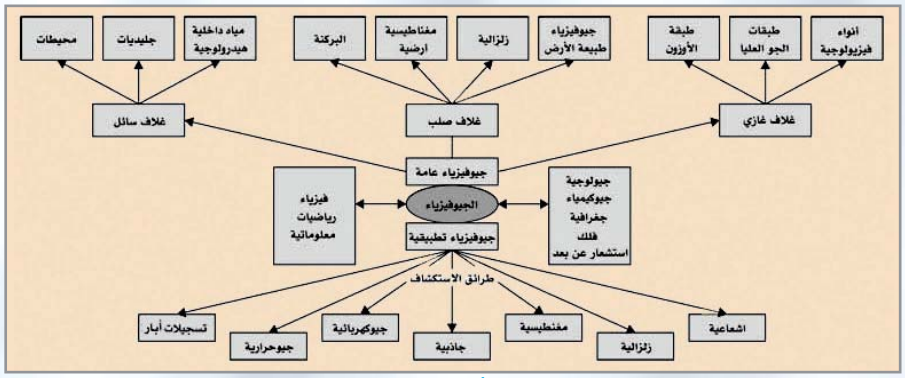
ينقسم علم الجيوفيزياء إلى فرعين هما:

- **فيزياء الأرض**

يختص فيزياء الأرض (Physics of the earth) باستخدام كل فروع الفيزياء وتقسيماتها المتعددة من مغناطيسية وجاذبية وكهربائية.. وغيرها في دراسة كل ماينتمي إلى الأرض بداية من الأجزاء الصخرية الصغيرة إلى الطبقات والتراكيب الجيولوجية بمختلف أحجامها وأعماقها إلى باطن الأرض كجزء من المجموعة الشمسية.

- **الجيوفيزياء التطبيقية**

تعتمد الجيوفيزياء التطبيقية (Applied geophysics) بصفة أساس على قياس التغيرات الأفقية أو الرأسية في الخواص الفيزيائية للأجسام والتراكيب الجيولوجية المدفونة على أعماق مختلفة تحت سطح الأرض، حيث إن الاختلاف في الخواص الفيزيائية (التباين- Contrast) بين أي جسم وما حوله يساعد على اكتشاف وتحديد عمق وشكل وتركيب امتداد هذا



■ شكل (١) علاقة علم الجيوفيزياء بالعلوم الأخرى، ومجالات بحث الجيوفيزياء العامة، والطرق الجيوفيزيائية المستخدمة في الاستكشاف.

الجسم، أي أنه يمكن القول: إن الأجسام تكشف عن نفسها من خلال خواصها الفيزيائية.

يتم قياس التباين في الخواص الفيزيائية للصخور– مثل الكثافة والتأثرية المغناطيسية (Magnetic susceptibility)، والمقاومة الكهربائية، وسرعة انتشار الموجات– بواسطة أجهزة علمية عالية الحساسية يتم استخدامها طبقاً لنوع وهدف المسح وتضاريس منطقة الدراسة. تعمل أجهزة القياس إما على سطح الأرض (المسح الأرضي) أو تثبت في سفن بحرية (المسح البحري) أو تزود بها طائرات مجهزة للمسح الجوي الإقليمي خاصة في الأماكن صعبة التضاريس مثل: الجبال، والأدغال، وكذلك المستنقعات والبحيرات والمناطق الجليدية التي يصعب على الانسان الوصول إليها والعمل فيها باستخدام وسائل النقل العادية، وفضلاً عن ذلك فإن تكلفة المسوحات البحرية والجوية أقل عدة مرات – مقارنة بالمسوحات الأرضية –لأنها تغطي مساحات واسعة في أوقات قصيرة مما يوفر الوقت والجهد.

أدى التطور الهائل في الصناعات الإلكترونية، وبرامج وقدرات الحواسب الآلية الحديثة إلى تطور صناعة الأجهزة الجيوفيزيائية، وزادت قدراتها ودقتها، وتعددت أغراضها واستعمالاتها ونجاحاتها في الكشف عن التراكيب الجيولوجية تحت السطحية، وما تحتويه من ثروات طبيعية، ومياه جوفية... وغيرها.

فضلاً عن ذلك يوجد الآن شركات عالمية متخصصة في طرق المسح الجيوفيزيائي، وتصميم البرامج الجيوفيزيائية، وصناعة طائرات المسح الجوي، وكذلك السيارات الخاصة بالمسح الأرضي وتزويدها بالأجهزة الدقيقة المناسبة لذلك. وقد صاحب هذا التطور أيضاً ظهور أجهزة مبرمجة للمسح الجيوفيزيائي تقوم بجميع عمليات الرصد والتصحيح، ورسم الخرائط الكنتورية، وتحديد أعماق الأجسام والتراكيب الجيولوجية التي تحتوي على العديد من الثروات الطبيعية التي أودعها الخالق سبحانه وتعالى رزقاً لعباده في باطن الأرض. ومن هنا نستطيع القول: إن علم الجيوفيزياء هو العلم الأساس في كل عمليات المسح والتنقيب.

تستخدم الجيوفيزياء التطبيقية في العديد من الاستكشافات منها:

- البحث عن النفط والغاز الطبيعي، والثروة المعدنية، وخزانات المياه الجوفية.
- تحديد التراكيب الجيولوجية تحت السطحية كالشقوق والصدوع والتتابع الطبقي، ونطاقات الضعف في الكتل الصدعية، والقباب الملحية ، والتحدبات والتقعرات.
- تحديد سمك صخور القاعدة (Basement rocks)، وبالتالي معرفة سمك وامتداد أحواض الترسيب المتواجدة بمنطقة البحث.
- تحديد سمك كل من القشرة القارية والمحيطية، والستار العلوي والسفلي ومركز الأرض.
- تحديد أماكن المياه الجوفية، ومواقع النفايات (الصناعية والكيميائية والنووية) المدفونة تحت السطح وتأثيرها على المياه الجوفية، ومخاطر انبعاث غاز الرادون المشع، وأماكن تداخل المياه المالحة في المياه العذبة.
- البحث عن الآثار التاريخية القديمة والفجوات والكهوف، والكنوز المدفونة.
- التطبيقات الهندسية: مثل: تحديد أماكن الشقوق والصدوع الموجودة أسفل المنشآت والمباني، وداخل الكتل الخرسانية، الأنفاق وخطوط الأنابيب والمواد الحديدية المدفونة تحت سطح الأرض، ومعرفة عمق طبقة صخور الأساس ونوعيتها لإنشاء السدود والخزانات ومحطات توليد الكهرباء والمحطات النووية. ومعرفة أماكن وامتداد مواسير المياه والصرف الصحي.
- الأغراض العسكرية في الكشف عن الألغام والغواصات والطائرات ومخازن الأسلحة في باطن الأرض.

آلية المسح الجيوفيزيائي

تتم عملية المسح الجيوفيزيائي من خلال الخطوات التالية:-

- تحديد الهدف المطلوب من المسح، هل للبحث عن الآثار أو المعادن أو النفط والغاز... الخ
- تحديد المساحة المطلوب مسحها، من حيث خطوط الطول وخطوط العرض.
- جمع كل البيانات والخرائط الجيولوجية والطوبغرافية والجيوفيزيائية المتاحة عن المنطقة، وذلك للاستفادة منها في إعطاء صورة عن الدراسات السابقة بالمنطقة وأهم نتائجها.
- تحديد الخاصية الفيزيائية والطريقة الجيوفيزيائية المناسبة لدراسة الهدف، وبالتالي نوعية الأجهزة المطلوبة للقيام بالمسح، ودرجة دقتها وحساسيتها.
- تحديد نوع المسح هل هو أرضي أو بحري، أو جوي، وذلك طبقاً لمساحة المنطقة وطوبغرافيتها والهدف من المسح.
- جمع القراءات التي سجلتها الأجهزة، ومن ثم تصويبها ورسمها في صورة خرائط كنتورية تمثل الشذات (Anomalies) التي تدل على التغير الأفقي في خواص الصخور تحت السطحية.
- إجراء تفسير كيفي (Qualitative) وكمي (Quantitative) لهذه الخرائط؛ بهدف رسم خريطة تركيبية لسطح صخور القاعدة وما يعلوها من صخور رسوبية يمكن من خلالها معرفة عمق واتجاه وامتداد لتراكيب الجيولوجية تحت السطحية، وكذلك تحديد الأحواض الرسوبية التي تعد مصدراً مهماً لمكامن النفط والغاز والطبقات الحاملة للمياه الجوفية والخامات الاقتصادية ... وغيرها.
- عمل نماذج (Models) ثنائية أو ثلاثية الأبعاد على الخرائط الجيوفيزيائية للتأكد من البيانات التي تم الحصول عليها من التفسيرات السابقة مثل عرض وامتداد وميل التراكيب الجيولوجية المطلوب البحث عنها.
- تحديد أماكن الحفر على الأهداف المطلوب استخراجها، وتسليم هذه الخرائط والبيانات إلى متخصص الحفر لبدء عمليات التنقيب، واستخراج الثروات الطبيعية من مكامنها التي تم تحديدها.

الطرق الجيوفيزيائية

هناك عدة طرق يتم استخدامها في المسوحات الجيوفيزيائية لقياس التغير الأفقي في الصفات الفيزيائية للصخور تحت السطحية، منها الطرق الطبيعية التي تعتمد على قياس مجالات الجهد الموجودة في الصخور دون تدخل من الإنسان (مثل طرق المغناطيسية والجاذبية والإشعاعية)، ومنها ما يعتمد على بث موجات صوتية أو كهرومغناطيسية إلى داخل طبقات الأرض ثم استقبالها مرة أخرى بعد انعكاسها

وانكسارها على سطح الطبقات الصخرية المختلفة، ومن ثم تسجيلها بواسطة أجهزة تسجيل خاصة موجودة على سطح الأرض (مثل الطرق السيزمية والرادارية).

تستخدم بعض هذه الطرق الجيوفيزيائية بصفة أساسية في البحث عن الهيدروكربونات، بينما تستخدم طرقاً أخرى في استكشاف المعادن، كما أن هناك طرقاً يمكن استخدامها لكلا الهدفين. فعلى سبيل المثال تستخدم طرق المغناطيسية والتثاقلية والزلزالية كوسيلة أساسية في الكشف عن النفط والغاز، بينما تستخدم الطرق الزلزالية الكهربائية في استكشاف الثروات المعدنية، وحديثا بدأ بالولايات المتحدة الأمريكية استخدام الطريقة الكهرومغناطيسية في الكشف عن النفط، والطرق المغناطيسية والكهرومغناطيسية للتنقيب عن النفط والغاز.

يمكن توضيح الطرق الجيوفيزيائية التي يتناولها هذا العدد على النحو التالي:

● الطريقة المغناطيسية

تعد الطريقة المغناطيسية الأقدم بين الطرق الاستكشافية المختلفة، وتعتمد على قياس معدل التغير الأفقي أو الرأسي في شدة المجال المغناطيسي الأرضي من نقطة إلى أخرى فوق سطح الأرض. يرجع هذا التغير أو التباين في شدة المجال بصفة أساسية إلى وجود بعض المتداخلات النارية - صخور نارية جوفية- والتغيرات الطبوغرافية في سطح صخور القاعدة، ووجود بعض خامات الحديد خاصة معدن المجانيتيت ذات الخاصية المغناطيسية العالية.

يتكون المجال المغناطيسي الأرضي من جزئين رئيسين أحدهما داخلي ورئيسي ينشأ من داخل الأرض، ويمثل ٩٠٪ أو أكثر من قيمة المجال الأرضي، بينما الجزء الآخر خارجي وينشأ من مجالات كهربائية في الغلاف الهوائي المتأين المحيط بالأرض، ويشكل قرابة ١٠٪ أو أقل من المجال الأرضي.

تتم المسوحات المغناطيسية بأربع طرق رئيسة هي:

■ **المسح الأرضي:** ويتم على شبكة الطرق والمدقات والأودية في الصحارى، أو على هيئة خطوط أو خرائط ثلاثية الأبعاد.

■ **المسح البحري:** ويجري تنفيذه بواسطة السفن أو القوارب على البحار والمسطحات المائية وذلك بوضع رأس الجهاز في صندوق صغير يجر بواسطة كابل خلف السفينة على مسافة ينعدم عندها تأثيرها المغناطيسي على الجهاز.

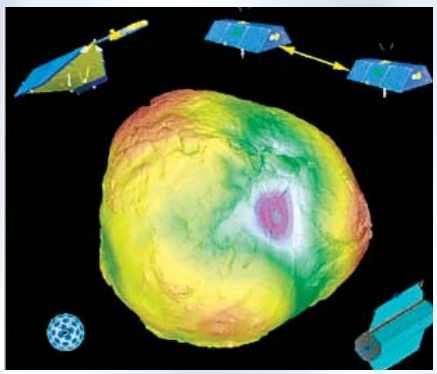
■ **المسح الجوي:** ويتم بتعليق رأس القياس أو الحساس – يوضع في صندوق انسيابي - في كابل مدلى من الطائرة بقرابة ٣٠ متراً، أو يوضع في مكان مثبت بعمود طويل غير مغناطيسي ممتد من مؤخرة الطائرة.

■ **المسح بالأقمار الاصطناعية:** وقد تم استخدامه حديثاً حيث تتم عمليات المسح المغناطيسي على ارتفاع مئات الكيلومترات.

بعد الحصول على البيانات المغناطيسية المقاسة حقلياً يتم تصحيحها ومعالجتها وتفسيرها كيفاً وكماً لاستخدامها في كثير من المجالات التطبيقية منها: البحث والتنقيب عن النفط والغاز، والركاز، والمواقع الأثرية، وخزانات المياه الجوفية، ودراسة المغناطيسية القديمة، أو تكتونية الصفائح وانتشار قاع المحيط، فضلاً عن إنتاج مواد ذات خصائص مغناطيسية مناسبة لبعض الصناعات، مثل: صناعة المغانط، والشرائط المغناطيسية المستخدمة في أجهزة التسجيل والآلات الحاسبة. وغيرها .

● الطريقة التثاقلية

بدأ الاستكشاف التثاقلي خلال الثلث الأول من القرن العشرين إلى يومنا هذا، وقد ساهم بدور فاعل ومحوري في عدة مجالات منها: البحث عن الهيدروكربونات، والمواد الخام كالحديد والملح وغيرها، والبحث عن تركيب القشرة الأرضية في الأعماق وقريباً من طبقة الوشاح.



■ قياس المجال التثاقلي للأرض باستخدام الأقمار الاصطناعية.

كما ساهم في إعطاء صورة مباشرة عن تكتونية الأرض وصفائح القشرة الأرضية، والتغييرات التي تحدث نتيجة تحركات لب الأرض. كما ساهم – أيضا - في البحث عن الكهوف والممرات الأرضية وسمك التربة، وغيرها من التطبيقات الهندسية والبيئية والعسكرية.

يمكن تقسيم أجهزة قياس التثاقلية الأرضية بصفة أساس إلى نوعين هما:

■ **أجهزة قياس مطلقة:** وتقوم بقياس القيمة المحلية للتثاقلية عند كل نقطة قياس، وعلى الرغم من دقتها الشديدة إلا أن أجهزتها ما زالت مرتفعة الثمن، وكبيرة الحجم وتحتاج إلى وقت طويل نسبياً للوصول إلى الدقة المطلوبة، إلى جانب احتياجها لمهارة ودقة من الشخص الراصد.

■ **أجهزة قياس نسبية:** وتقيس الفرق بين قياسات التثاقلية من موقع لآخر، وهذا ما نحتاجه في عمليات الاستكشاف الجيوفيزيائي.

وعلى الرغم من تنوع أجهزة القياس التثاقلي، إلا أن ستة أنواع منها فقط وصلت حيز التطبيق هي: البندولات، وأجهزة قياس السقوط الحر للأجسام، وجهاز ميزان اللي، وأجهزة الزنبرك، وأجهزة الخيط المتذبذب، وأجهزة القرص الدوار لقياس التثاقلية ومعدل تغيرها. استخدمت هذه الأجهزة في القياس سواء على الأرض أو في الآبار أو البحار أو تحت الماء أو على قيعان المحيطات أو في الجو على متن الطائرات أو في الفضاء أوحتى على سطح القمر و المريخ.

● الطريقة الإشعاعية

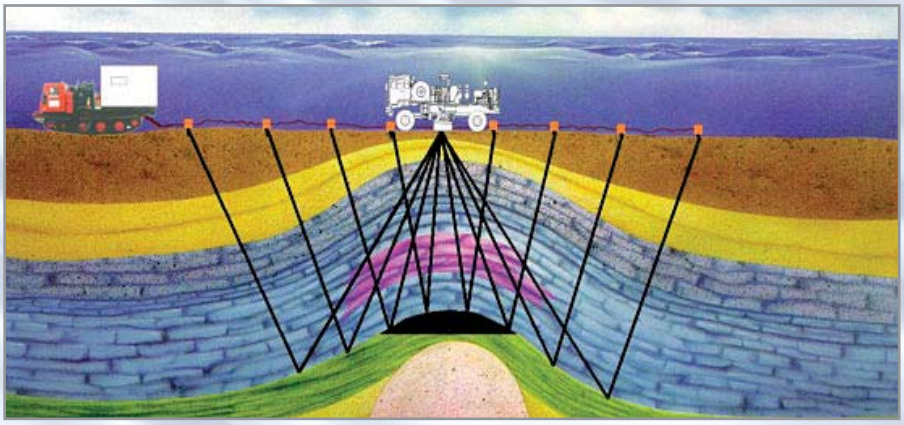
ترجع أهمية الاستكشاف الإشعاعي إلى انتشار كل من عناصر البوتاسيوم المشع واليورانيوم والثوريوم في صخور القشرة الأرضية بنسب متباينة تبعاً لنسبة تواجد وانتشار المعادن المحتوية على هذه العناصر المشعة في تركيبها

■ جهاز المسح الإشعاعي الطيفي من طراز PGIS.

الجزيئي، حيث تعد الصخور الحامضية - مثل الجرانيت والبيجماتيت - من الصخور الغنية بهذه العناصر مقارنة بالصخور القاعدية - منخفضة التراكيز منها - مثل الجابرو.، بينما تتفاوت نسب هذه العناصر في الصخور الرسوبية طبقاً لنوعيتها وظروف ترسيبها.

تكتسب أشعة جاما أهمية خاصة في عملية الاستكشاف الإشعاعي، ويمكن من خلال قياسها التعرف على وجود الصخور المشعة التي قد يصل عمقها إلى متر تحت سطح الأرض. فضلاً عن إمكانية قياسها إما بالأجهزة الأرضية - مثل عداد جيجر مولر، وجهاز هانس الذي يتكون من وحدة الحساس، ووحدة تحليل الإشارات وعرض النتائج - أو باستخدام طائرات الهليكوبتر في المناطق صعبة التضاريس مع رصد نقطة قياس كل ٣٠ - ٦٠ متراً، والطائرات ذات الأجنحة الثابتة في حالة التضاريس المنخفضة لرصد نقطة قياس كل ٥٠ - ٨٠ متراً.

يعد الاستكشاف الإشعاعي الجوي أحد الطرق المهمة في مجال الاستكشاف الجيوفيزيائي للبحث عن عدة مصادر طبيعية منها: المعادن المشعة كاليورانيوم والثوريوم لاستخدامها في تشغيل المفاعلات النووية كمصادر للطاقة، وعمليات استكشاف البترول، حيث يوضح تفسير المعطيات الإشعاعية نوعية الصخور والتراكيب السطحية السائدة وذلك للوقوف على الوضع التركيبي والتغيرات السطحية للسحنات الصخرية، والتي تستخدم مع نتائج المسوح الجيوفيزيائية الأخرى -كالجاذبية والمغناطيسية - لتحديد مكامن البترول والغاز، علاوة على خزانات المياه الجوفية. كما تساعد خاصية النشاط الإشعاعي في تقدير أعمار الصخور التي تعتمد على سرعة تحلل العناصر المشعة الموجودة في التكوينات الجيولوجية. بالإضافة إلى التعرف على العمليات الجيولوجية التى مرت بها الصخور أثناء تكونها - مثل عمليات التحول وتأثيرها بالمحاليل المعدنة - بالإضافة إلى العمليات اللاحقة التى طرأت على الصخور خلال تاريخها الجيولوجى، مما يساعد على رسم الخرائط الجيولوجية للنطاقات الحاوية لليورانيوم والثوريوم والبوتاسيوم ونطاقات بعض التمعدنات المرتبطة بالصخور المتداخلة.



■ استخدام الطريقة السيزمية في تحديد مكامن النفط والغاز الطبيعي.

● الطريقة السيزمية

تنقسم طرق الاستكشاف السيزمي إلى عدة طرق أهمها الانعكاس والانكسار، ويتم اختيار الطريقة طبقاً للهدف المنشود من الدراسة. تعد طريقة الانعكاس السيزمي هي الأكثر شيوعاً في التنقيب عن النفط، إذ يمكن من خلالها رسم خرائط جيولوجية مفصلة للتراكيب والطبقات الصخرية على أسطح المتكونات الجيولوجية المختلفة تحت سطح الأرض.

تتم عملية الاستكشاف السيزمي من خلال إنتاج موجات سيزمية مختلفة على سطح الأرض - إما باسقاط ثقل على سطح الأرض أو استخدام بعض المواد المتحجرة - حيث تنتشر هذه الموجات عبر طبقات باطن الأرض لتنعكس أو تنكسر عند السطح الفاصل بين طبقتين مختلفتين في الخواص الفيزيائية، ومن ثم ترتد إلى سطح الأرض ليتم رصدها بواسطة مستقبلات (جيوفونات -Geophones) وتسجيل زمن وصولها، وتجميع بياناتها لمعالجتها وتفسيراتها.

يستخدم الاستكشاف السيزمي في كثير من التطبيقات، منها استكشاف النفط والغاز، والثروات المعدنية، وخزانات المياه الجوفية، فضلاً عن تعيين عمق السطوح الفاصلة (العاكسة)، ويتم ذلك بمعرفة الأزمنة اللازمة لانتقال الموجات السيزمية من السطوح العاكسة وإليها.

ومن الجدير بالذكر فإن الاختلاف بين طريقتي الانعكاس والانكسار السيزمي يكمن في كيفية وضع أجهز التسجيل، ففي طريقة الانعكاس توضع الأجهزة على مسافات قصيرة من نقطة التفجير وأجهزة التسجيل مقارنة بعرض السطح المطلوب تحديده، ومن ثم تستخدم طريقة الانكسار السيزمي في رسم خريطة طبوغرافية لسطح صخور القاعدة وما يعلوها من صخور رسوبية، وبالتالي يمكن تحديد عمق وشكل وامتداد الأحواض الرسوبية التي تعد أماكناً مؤملة للتجمعات الهيدروكربونية.

● تقنية الرادار الأرضي

تعد تقنية الرادار الأرضي من أدق طرق استكشاف الطبقات السطحية (من المليمترات إلى عشرات الأمتار)، ويعتمد وضوح صورها على درجة الاختلاف في الخواص الكهرومغناطيسية للمواد والتراكيب المكونة لها.

تعتمد هذه التقنية على إرسال موجات كهرومغنناطيسية بتردد معين إلى داخل الأرض حيث تمتص المكونات الأرضية المختلفة جزء من

■ جهاز رادار أرضي.

طاقة هذه الموجات، بينما ينعكس الجزء الباقي منها إلى سطح الأرض، حيث يتم التقاطها وتجميعها. يتم جمع المعلومات الرادارية بعدة طرق أكثرها انتشارا طريقتين هما: الطريقة ثنائية الأبعاد وهي طريقة سريعة ومناسبة لتحديد مواقع الأنابيب المدفونة تحت الأرض، والطريقة ثلاثية الأبعاد وهي بطيئة إلا أنها تعطي صورة مفصلة عما تحت سطح الأرض.

عند استخدام تقنية الرادار الأرضي يتم وضع هوائيي (المرسل والمستقبل) الرادار بطريقتين: الأولى وضعهما مع بعض في صندوق واحد، وهي الطريقة الأكثر شيوعاً لسرعتها ومناسبتها لأكثر الأغراض، والثانية وضعهما على مسافات محدودة من بعضهما، ويتم استخدامها لتحليل سرعة الموجات في الطبقات الأرضية.

بعد إتمام عملية قياس وتسجيل البيانات الرادارية، يتم معالجتها وتفسيرها، لبناء تصور عن طبيعة وأماكن المواد والتراكيب الموجودة تحت سطح الأرض، حيث تستخدم هذه البيانات في حل الكثير من المشكلات البيئية والزراعية والجنائية، فضلاً عن استخدامها في استكشاف المناطق الجليدية والمياه الجوفية والنفط والثروة المعدنية.

● الاستكشاف الكهرومغناطيسي

يعد المسح الكهرومغناطيسي (Electromagnetic survey) من أهم الدراسات الجيوفيزيائية، وأكثرها استخداماً في البحث عن الخامات المعدنية والموارد الطبيعية تحت السطحية التي تختلف في مدى استجابتها وتأثرها بالموجات الكهرومغناطيسية المرسلة من أجهزة الإرسال.

تعتمد طرق المسح الكهرومغناطيسي على خاصية التوصيلية الكهربائية للطبقات الأرضية حيث أنه عند دخول تيار كهربائي متردد في ملف، يتكون مجال مغناطيسي عمودي على مستوى الملف ومن ثم يتحول إلى تيار كهربائي، وعند اختراق هذا المجال المغناطيسي إلى الأجسام الموصلة في الأرض؛ فإنها تنتج قوة دافعة كهربائية تنتج مجالاً كهربائياً ثانوياً يولد مجالاً مغناطيسياً ثانوياً يلتقطه المستقبل - على سطح الأرض - على هيئة مجال كهربائي. ومن خلال تحليل البيانات التي يتم الحصول عليها من هذه القياسات يمكن الحصول على معلومات دقيقة عن عمق هذه الأجسام وأشكالها، وامتداداتها الرأسية والأفقية ودرجة توصيلها الكهربائية، مما يعطي دلالة على تركيز الخامات المعدنية في حالة استكشاف المعادن أو ملوحة المياه في حالة البحث عن مصادر المياه الجوفية.

تستخدم في الاستكشاف الكهرومغناطيسي عدة تقنيات أهمها: الكهرومغناطيسية بنطاق التردد، والكهرومغناطيسية بنطاق الزمن المستغرق، وتقنية التردد المنخفض جداً، وتقنية المغناطيس التلوري، والاستكشاف الكهرومغناطيسي الجوي.

يستخدم المسح الكهرومغناطيسي على نطاق واسع في العديد من المجالات، مثل: البحث عن المعادن، والكشف عن الكهوف والأنفاق الجوفية، واستنتاج خصائص التراكيب تحت السطحية، والتعرف على الطبقات الحاملة للمياه الجوفية، وعلى الحد الفاصل بين الماء المالح والماء العذب، كما تستخدم للتعرف على الأماكن المناسبة كمحاجر، والكشف عن الأجسام المعدنية، وتحديد الكهوف، ورسم حدود الوحدات الجيولوجية المختلفة، وفي الأغراض الهندسية والبيئية. كما أن لها شأناً كبيراً في دراسة الحرات والنشاطات البركانية.

● الاستكشاف الجيوكهربائي

يعد الاستكشاف الجيوكهربائي من أكثر طرق الاستكشاف الجيوفيزيائي تنوعاً، ويعتمد على قياس فرق الجهد أو المجال المغناطيسي المصاحب لمرور تيار كهربائي داخل طبقات الأرض، وذلك من خلال قطبين لشحن التيار الكهربائي داخل الأرض، وقطبين آخرين لقياس فرق الجهد بينهما، ويتناسب العمق الممكن قياسه تناسباً طرديا مع زيادة مسافة الفصل بين الأقطاب، والذي من خلاله يتم الحصول على معلومات أكثر دقة وتفصيلاً عن التكوين الطبقي للأرض.

توجد طرق مختلفة من الاستكشاف الجيوكهربائي أهمها: الجهد الذاتي، والاستقطاب الحثي، وطرق التيار المباشر، التي تعد الأكثر انتشاراً والأسهل استخداما بين الطرق الجيوكهربائية.

تعد غالبية المعادن المكونة للصخور موصلات ضعيفة للكهربية، ولذا فإن التيار الجيوكهربائي ينتقل خلالها عن طريق الأيونات المتواجدة في مياه المسام الصخرية، ونظراً لمحدودية تأمين المياه النقية، فإن التوصيل الجيوكهربائي يعتمد بصفة أساس على الأملاح -معظمها من كلوريد الصوديوم- الذائبة في المياه المتواجدة في مسام التربة. كما تعد معادن الطين نشطة أيونياً - لسهولة اكتسابها للماء- ولقدرتها على التوصيل الجيوكهربائي.

تستخدم طريقة المقاومة الجيوكهربائية لتحديد بعض الأهداف تحت السطحية وإيجاد الحلول المناسبة لها منها: تحديد أماكن وأبعاد وخصائص خزانات المياه الجوفية على أعماق مختلفة، وتحديد مدى تداخل مياه البحر مع الخزان الجوفي، وتحديد طبقة القاعدة الصلبة اللازمة

■ جهاز الأوم مابر (Ohm Mapper) لقياس الخواص الكهربائية للصخور.

للإنشاءات الهندسية، وتحديد مدى ملائمة وتجانس هذه الطبقة لتصميم المنشأ الهندسي فضلاً عن اختيار أنسب أساليب التأسيس.

● **السبر الجيوفيزيائي للآبار**

يعرف السبر الجيوفيزيائي للآبار بأنه علم تسجيل وتحليل قياسات العديد من الخصائص الفيزيائية لمكونات الآبار وما حولها من التكاوين الجيولوجية التي يخترقها البئر، وذلك باستخدام مجموعة من المسابر (Snodes) تحمل أجهزة خاصة ومعزولة عن المياه المتبقية داخل البئر. يتم عرض قياسات سبر الآبار بيانياً على شكل سجلات جيوفيزيائية بالإضافة إلى تخزينها رقمياً لاستخدامها في تفسير التغيرات الصخرية والتركيبية التي تم تسجيلها. ساعد التقدم التقني في تصميم مسابر لقياس عدد من الخواص الفيزيائية للسبر الجيوفيزيائي في آن واحد مع اختلاف الظروف داخل البئر، وصفات التكوينات الصخرية المحيطة به. تنقسم مسابر الآبار - بصفة أساس - إلى ثلاثة أنواع هي: المسابر الكهربائية (مسابر الجهد الذاتي، والمقاومية الكهربائية والتأثيرية)، والمسابر الإشعاعية (مسابر أشعة جاما الطبيعية، والكثافة، والنيترونية)، ومسابر الموجات الصوتية.

تستخدم قياسات سبر الآبار في الحصول على العديد من المعلومات المهمة التي من خلالها يمكن معرفة مايلي:

- أنواع وسمك الصخور المختلفة داخل البئر.
- تحديد التكاوين الصخرية الحاملة للمياه.
- تحديد جودة المياه، وحالة الطبقة الأسمنتية المحيطة بأنابيب تغليف الآبار.
- مسامية التكوينات الصخرية التي يمر بها البئر.
- التعرف على نطاقات التمعدن.

الجيوفيزياء والآثار

بدأت عملية البحث عن الآثار منذ زمن بعيد باستخدام طرق التنقيب التقليدية معتمدة في ذلك على المعلومات التاريخية المتاحة عن منطقة البحث، ووجود بعض الآثار السطحية أو أجزاء منها، إلا أن هذه الطريقة كانت تشكل العديد من المتاعب والمصاعب والمشاكل خاصة عند البحث عن الآثار المدفونة تحت سطح الأرض، بل ويزداد الأمر صعوبة كلما اتسعت مساحة موقع البحث وغطته التلال والصخور والكثبان الرملية. ومن ثم فكر الأثريون في الاستعانة بالتقنيات الحديثة لما توفره من وقت وجهد، مع دقة وسرعة في إنجاز العمل، وتعد الطرق الجيوفيزيائية إحدى أهم هذه التقنيات.

تعتمد معظم الطرق الجيوفيزيائية في الكشف عن الآثار - السطحية أو المدفونة في باطن الأرض - على التباين في الخواص الكيميائية والفيزيائية بين الأجسام الأثرية وما يحيط بها من تربة وصخور. وتوفر هذه الطرق وقت وجهد للكشف عن هذه الآثار في مناطق يصعب الوصول إليها والحفر العشوائي بها مثل: المناطق الصحراوية خاصة المغطاة بالكثبان الرملية، والمناطق الجليدية، والمناطق المغمورة بالمياه. كما تتطلب هذه الطرق مهارة ودقة متناهية خاصة عند البحث عن الآثار المدفونة صغيرة الحجم ومحدودة الانتشار، والتي يتشابه تركيبها مع تركيب وخواص المواد الصخرية المحيطة بها. فضلاً عن ذلك تتضمن عمليات الكشف الجيوفيزيائي عن الآثار اكتشاف أبعاد التراكيب الأثرية وطبيعة تكوينها، ومعرفة التكوينات الصخرية وطبيعة الطبقات الحاملة للآثار، مما يساعد على توجيه الجهات المسؤولة عن بدء عمليات الحفر واستخراج هذه الآثار بطريقة آمنة.

من أهم الطرق الجيوفيزيائية المستخدمة في الكشف عن الآثار هي: الاستشعار عن بعد بنوعيه التصوير الجوي والتصوير الفضائي الراداري، والرادار الأرضي، والمسح الزلزالي، والترددات المنخفضة، والكهرومغناطيسية، والجاذبية (التثاقلية)، والكهربائية، والمغناطيسية القديمة، والمسح المغناطيسي، والمقاومية النوعية الكهربائية.

تم العثور على العديد من الآثار التاريخية المهمة على مر السنين - سواء بوسائل الحفر التقليدية أو الطرق الجيوفيزيائية - التي تحكي تاريخ الشعوب والأمم السابقة، وعاداتها وتقاليدها، وأوصافها، وأسماء وطبائع ملوكها. وتوجد هذه الآثار في العديد من المتاحف في كثير من دول العالم مشكلة مزارات سياحية مهمة تهفو إليها نفوس السائحين من كل مكان، وتشكل رافدا مهما من روافد الدخل القومي لكثير من الدول خاصة النامية منها.

■ جزء من آثار مدائن صالح - العلا - المدينة المنورة.