# التقنيات المساحية الحديثة ودورها في الاستكشاف التعديني

بحث مقدم لاستكمال متطلبات الحصول عي درجة الماجستير المهني في علوم المساحة والتعدين


## اعداد

## وائل حسن فؤاد ابراهيم

## اشراف

## الأستاذ الدكتور/ محمد متولي أبو عنبر

جامعة طنطا

كلية العلوم

قسم الجيولوجيا


٢٠٢٣

# شكر وتقدير

الحَمْدُ للهِ الذي علمني ما لم أكن أعلم، وكان فضله علي عظيماً، القائل في كتابه الكريم " لئِن شَكرتُم لأُزيدَنّكم " وأصلي وأسلم علي خيرُ خلقِ الله سيدنا محمد (صلي الله عليه وسلم) الذي علّم البشر.

أما بعد ،،،

أحمدُ الله سبحانه وتعالي أن أتم علي نعمته ووفقني لإتمام هذا العمل، وكما علمنا رسولنا الكريم محمد (صلي الله عليه وسلم) ( لا يشْكُرُ اللهَ مَنْ لا يشْكُرُ النَّاسَ)، وانطلاقاً من هذا الأدب الرفيع والخُلق العظيم، لا يسعني إلا أن اوجه كل الشكر والتقدير الي أستاذي الفاضل العالم الجليل **معالي الأستاذ الدكتور/ محمد متولي أبو عنبر** الذي تفضل مشكوراً بالإشراف علي بحثي. أثابه الله علي ما قدم جزيل الثواب.

كما أتقدم بكل الشكر والتقدير والامتنان والعرفان بالجميل الي السادة العلماء، علي ما قدموه لنا من علم فجزاهم الله كل الخير **معالي الأستاذ الدكتور/ محمد زكي السديمي، معالي الأستاذ الدكتور/ عبد الرازق الكومي، معالي الأستاذ الدكتور/ محمد عبد المنصف، معالي الأستاذ الدكتور/ سمير قمح، معالي الأستاذ الدكتور/ أحمد حبيب**.

وكذلك أتقدم بأسمَى وأرق معاني الشكر الي أساتذتي وزملائي وكل من علمني وساهم في إنجاز هذا العمل، فاللّهم اجزهم عني خير الجزاء.

والشكر والتقدير والعرفان بالجميل لمن لا يفي حقهم شكر، **أبي وأمي وزوجتي** ، فجزاهم الله عني خير الجزاء.....

والله ولي التوفيق

# الفهارس


| أولاً : فهرس الموضوعات | |
|---|---|
| الموضوع | رقم الصفحة |
| الفهارس | |
| المقدمة | ١ |
| أسباب اختيار الموضوع | ١ |
| أهداف الدراسة | ٢ |
| مناهج وأساليب الدراسة | ٢ |
| إشكالية الدراسة | ٢ |
| الدراسات السابقة | ٢ |
| محاور الدراسة | ٢ |
| **الفصل الأول : تاريخ وأقسام علم المساحة** | ٣ |
| تعريف علم المساحة | ٣ |
| تاريخ علم المساحة | ٣ |
| أقسام المساحة | ٨ |
| العمل المساحي | ١١ |
| **الفصل الثاني : مفهوم وأهداف الاستكشاف التعديني وأهم طرق المسح المستخدمة** | ١٣ |
| مفهوم الاستكشاف التعديني | ١٣ |
| الهدف من عملية الاستكشاف | ١٣ |
| التخطيط لبرنامج العمل الاستكشافي | ١٣ |
| برنامج الاستكشاف التعديني | ١٣ |
| أولاً: الدراسات الأولية الإقليمية | ١٤ |
| ثانياً: المسح والتنقيب الجيولوجي الأرضي | ٣٢ |
| ثالثاً: حفر الآبار الاستكشافية | ٣٥ |
| **الفصل الثالث : التقنيات المساحية الحديثة واستخداماتها في الاستكشاف التعديني** | ٣٦ |
| **أجهزة المحطة الشاملة Total Station** | ٣٦ |
| -مكونات جهاز Total Station | ٣٦ |
| -مميزات ومواصفات أجهزة Total Station | ٣٧ |
| **-أنواع متقدمة من أجهزة Total Station** | ٣٨ |
| ▪ المحطة الشاملة المتحركة | ٣٨ |
| ▪ المحطة الشاملة بالمسح الليزري الأرضي TLS | ٣٩ |

| | |
|---|---|
| ▪ المحطة الشاملة التصويرية | ٤١ |
| ▪ المحطة الشاملة الجيرو | ٤٢ |
| ▪ المحطة الشاملة مع الجي بي اس | ٤٢ |
| **أجهزة GPS** | ٤٣ |
| - مقدمة عن تقنية GPS | ٤٣ |
| - **أنواع أجهزة GPS** | ٤٤ |
| ▪ أجهزة ملاحية او محمولة يدويا | ٤٤ |
| ▪ أجهزة مخصصة لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية GIS. | ٤٤ |
| ▪ أجهزة GPS الجيوديسية | ٤٥ |
| **أجهزة نظم الخرائط المحمولة MMS** | ٤٧ |
| ١- أجهزة مدمجة Compact | ٤٧ |
| ٢- أجهزة قابلة للفصل Hybrid | ٤٧ |
| **المركبات الجوية بدون طيار (الطائرات بدون طيار) UAVs.** | ٤٨ |
| **المسح بالليزر المحمول جواً ALS** | ٥٠ |
| **تطبيقات الاستشعار عن بعد RS وصور الأقمار الصناعية** | ٥٢ |
| **تطبيقات تقنية GIS في أعمال التعدين** | ٥٤ |
| التوصيات | ٥٧ |
| الخلاصة | ٥٨ |
| المصادر والمراجع | ٥٩ |


## ثانياً : فهرس الأشكال


| رقم الشكل | عنوان الشكل | الصفحة |
|---|---|---|
| ١ | قياسات المساحة في عهد قدماء المصريين | ٣ |
| ٢ | خريطة المنجم الفرعوني لعام ١٣٢٠ قبل الميلاد | ٤ |
| ٣ | تطور مراحل رسم الخرائط | ٥ |
| ٤ | ابتكارات علماء المسلمين في الخرائط والفلك | ٦ |
| ٥ | خريطة المأمون | ٦ |
| ٦ | بعض الخرائط الإسلامية القديمة | ٧ |
| ٧ | منجم Super Pit الاسترالي للذهب | ٩ |
| ٨ | أمثلة لأجهزة المسح الصوتي | ١٠ |
| ٩ | المساحة الهيدروجرافية | ١٠ |
| ١٠ | الأعمال المساحية في المناجم تحت الأرض | ١١ |
| ١١ | أقسام العمل المساحي | ١٢ |
| ١٢ | خريطة جيولوجية إقليمية | ١٤ |
| ١٣ | الطيف المغناطيسي | ١٥ |
| ١٤ | صورة ملتقطة بالأقمار الصناعية | ١٧ |

| | | |
|---|---|---|
| ١٥ | التفسير للتراكيب الجيولوجية | ١٨ |
| ١٦ | صورة ملتقطة بالأقمار الصناعية بالأشعة تحت الحمراء | ١٩ |
| ١٧ | تفسير الصور الفضائية الملتقطة بالأقمار الصناعية باستخدام تقنية الرادار | ٢٠ |
| ١٨ | صور فضائية لمختلف أنواع التضاريس الأرضية | ٢١ |
| ١٩ | تفسير الصور الفضائية بالاستعانة بالخرائط الجيولوجية والتكتونية | ٢٢ |
| ٢٠ | شكل يوضح ترتيب الأجهزة في المسح الجوي المغناطيسي | ٢٤ |
| ٢١ | شكل يوضح مسارات المسح الجوي الإقليمي | ٢٥ |
| ٢٢ | خريطة المسح الجوي الإقليمي توضح الشذوذ المغناطيسي | ٢٥ |
| ٢٣ | مخطط يوضح طريقة ربط واستخدام أجهزة المسح الجوي الإقليمي | ٢٦ |
| ٢٤ | مخطط يوضح استخدام أجهزة إرسال مغناطيسي ثابت | ٢٧ |
| ٢٥ | يوضح خريطة الشواذ الالكترومغناطيسية | ٢٧ |
| ٢٦ | خريطة الشذوذ الإشعاعي الإقليمي | ٢٩ |
| ٢٧ | توضح مدي تأثير اختيار مقياس الرسم | ٣٠ |
| ٢٨ | خريطة مصر الجيولوجية باستخدام GIS | ٣١ |
| ٢٩ | خريطة تمثل جيولوجية جمهورية مصر العربية | ٣١ |
| ٣٠ | شكل يوضح مجال الجاذبية العالمية | ٣٤ |
| ٣١ | شكل يوضح شبكة حفر الآبار الاستكشافية | ٣٥ |
| ٣٢ | تطور الأجهزة المساحية | ٣٦ |
| ٣٣ | نماذج أجهزة ( Sokkia- Trimble – Topcon ) Total Stations | ٣٧ |
| ٣٤ | مثال لمكونات جهاز Total Station | ٣٧ |
| ٣٥ | أجهزة المحطة الشاملة المتحركة Total Station Motorized | ٣٩ |
| ٣٦ | أجهزة المحطة الشاملة بالمسح الليزري الأرضي TLS | ٤٠ |
| ٣٧ | أمثلة لأجهزة TLS تعمل في المناجم المفتوحة وتحت السطح | ٤١ |
| ٣٨ | المحطة الشاملة التصويرية | ٤١ |
| ٣٩ | أمثلة للمحطة الشاملة الجيرو Gyro Total Station | ٤٢ |
| ٤٠ | أمثلة لأجهزة Smart Station | ٤٣ |
| ٤١ | شكل يوضح مكونات نظام GPS | ٤٣ |
| ٤٢ | أمثلة لأجهزة GPS محمولة يدوياً | ٤٤ |
| ٤٣ | أمثلة لأجهزة GPS لتطبيقات GIS | ٤٥ |
| ٤٤ | طرق حسابات GPS | ٤٦ |
| ٤٥ | شكل يوضح بعض أنواع لأجهزة GPS | ٤٧ |
| ٤٦ | شكل يوضح أجهزة MMS | ٤٨ |
| ٤٧ | شكل يوضح استخدام UAVs في أعمال الاستكشاف التعديني | ٤٩ |
| ٤٨ | شكل جهاز LIDAR محمول جواً | ٥٠ |
| ٤٩ | شكل يوضح أجهزة مأهولة LIDAR محمول جواً | ٥١ |
| ٥٠ | مكونات عملية الاستشعار عن بعد RS. | ٥٢ |
| ٥١ | مراحل الاستشعار عن بعد RS. | ٥٣ |
| ٥٢ | مخرجات بيانات نظم المعلومات الجغرافية | ٥٤ |
| ٥٣ | خريطة توضح استخدام تقنية GIS لإنتاج خرائط جيولوجية | ٥٥ |
| ٥٤ | خريطة توضح استخدام تقنية GIS لإنتاج DEM | ٥٦ |
| ٥٥ | خريطة توضح استخدام تقنية GIS لإنتاج خرائط لنسب تركيز الذهب | ٥٦ |

# مُقَدِمة

مُنذ بدء الخليقة و يحاول الإنسان أن يستكشف المكان الذي يعيش فيه والأماكن المحيطة به. وذلك سعياً منه لمعرفة أماكن توافر الموارد الطبيعية لاستغلالها والاستفادة منها في شتي مجالات الحياة. ومما لا شك فيه ان الاستكشاف التعديني يعد امراً اساسياً لرفاهية الشعوب وما يترتب عليه من رفع مستوى المعيشة وزيادة الثروات وتوفير الاحتياجات ، ولذلك نجد مدن تقام حول منجم جديد بل قد يتعدى الأمر ذلك الي أن دولاً بأكملها يختلف فيها المستوى الاقتصادي تماماً مع اكتشاف منجم جديد لمعدن من المعادن الهامة. بل قد تصبح محط أنظار دول أخرى اما باستثمار او باستغلال ثرواتها المكتشفة.

وفي مجال التعدين فتعتبر علوم المساحة من الوسائل الهامة في مراحل التعدين المختلفة بداية من مرحلة الاستكشاف ثم الاستغلال ثم الاستصلاح ، ومن هنا تعتبر التقنيات المساحية الحديثة من أهم أدوات الاستكشاف التعديني ، ومع التطور التقني في علوم المساحة كان لزاماً الاهتمام بهذه التقنيات التي توفر الوقت والجهد والاموال اللازمة لأعمال الاستكشاف التعديني ، ولذلك تسعى هذه الدراسة الى محاولة الربط بين التطور في مجال المساحة والاستفادة منه في مجال الاستكشاف لتحقيق الاستكشاف الذكي.

وتألفت الدراسة من ثلاثة فصول تمثل العلاقة بين علوم المساحة والاستكشاف التعديني ، فيأتي الفصل الأول ليوضح التعريف بعلوم المساحة مستعرضاً تاريخها وأقسامها المختلفة وصولاً الى طرق العمل المساحي ، اما الفصل الثاني ركزت الدراسة على التعريف بمفهوم الاستكشاف التعديني والهدف منه والتخطيط لبرنامج العمل الاستكشافي موضحة أنواعه بداية من الدراسات الأولية الإقليمية بأنواعها ثم المسح والتنقيب الجيولوجي الأرضي الجيوكيميائي والجيوفيزيائي وأهم الطرق المستخدمة فيهما ، واخيراً مرحلة حفر الآبار الاستكشافية ، ثم تصل الدراسة الى الفصل الثالث الذي يدور حول أهم التقنيات المساحية الحديثة التي يمكن استخدامها في عملية الاستكشاف التعديني حيث تتناول الدراسة أجهزة المحطة الشاملة بمكوناتها ومميزاتها ومواصفاتها وأهم وأحدث انواعها، و أجهزة GPS والتعريف بها وبأنواعها وأهميتها في الاستكشاف التعديني وكذلك أجهزة نظم الخرائط المحمولة MMS بأنواعها ، والمركبات الجوية بدون طيار UAVs واستخداماتها في الاستكشاف التعديني، والمسح بالليزر المحمول جواً ، ثم تستعرض الدراسة تطبيقات GIS في أعمال الاستكشاف التعديني، ثم الاستشعار عن بعد RS وصور الأقمار الصناعية واستخداماتها في اعمال الاستكشاف التعديني المختلفة، واخيراً تصل الدراسة الى أهم النتائج والتوصيات بالتركيز على اهمية هذه التقنيات المساحية الحديثة لتحقيق الاستكشاف الذكي، وأهمية مواكبة التطور التقني خاصة في الجامعات ومراكز البحوث وأهمية توفير الامكانيات اللازمة لها لتقوم بالاستكشاف التعديني واستغلال تلك الثروات بما يعود بالنفع على المجتمع.

**أسباب اختيار الموضوع**

- يعد الاستكشاف التعديني من أهم دعائم التطور والتنمية الاقتصادية ورفاهية الشعوب ، لذلك يجب دراسة الطرق التي تساعد علي تحقيق ذلك الهدف.
- الأزمة الاقتصادية العالمية ودور الاستكشاف التعديني في تخطي هذه الأزمات.
- رغبة الباحث في السعي نحو امكانية تطوير طرق وأساليب الاستكشاف التعديني باستخدام التقنيات المساحية الحديثة من خلال الكفاءات المصرية الموجودة بالفعل.

**أهداف الدراسة**

- التأكيد علي أهمية الاستكشاف التعديني في تطوير الاقتصاد الوطني.
- التعرف علي علوم المساحة وتاريخها وأقسامها وطرق العمل المساحي.
- التعرف علي مفهوم الاستكشاف التعديني والهدف منه والتخطيط له وأنواعه وأهم الطرق المستخدمة.
- ايضاح دور التقنيات المساحية الحديثة في أعمال الاستكشاف التعديني.

**مناهج الدراسة وأساليبها**

- المنهج الموضوعي حيث تناولت الدراسة علوم المساحة والاستكشاف التعديني وقد تم القاء الضوء علي أهمية التقنيات المساحية الحديثة في تحقيق الاستكشاف الذكي.
- المنهج الوصفي التحليلي حيث تناولت الدراسة أهم التقنيات والأجهزة المساحية المستخدمة في الاستكشاف التعديني.
- الأسلوب الكارتوجرافي من خلال استخدام الخرائط والأشكال التي توضح كلاً من علوم المساحة والاستكشاف التعديني والعلاقة بينهما.

**اشكالية الدراسة**

- الأهمية الاستراتيجية والاقتصادية من وراء الاستكشاف التعديني.
- ضرورة مواكبة التطور التقني العالمي في مجال المساحة والاستكشاف التعديني، وامكانية تطبيقه ذاتياً.

**الدراسات السابقة**

- -Integrating Modern Surveying Tools With The Project Team In Nigeria
  Lazarus Mustapha OJIGI And Chima OGBA, Nigeria

- Modern Survey Instruments And Their Use In Mine Surveying
  P.P. Bahuguna**, Dheeraj Kumar**, Sunil Kumar

**محاور الدراسة**

- المحور الأول : علوم المساحة ، تعريفها وتاريخها وأقسامها وطرق العمل بها.
- المحور الثاني : مفهوم الاستكشاف التعديني والهدف منه وبرنامج التخطيط وأهم طرق المسح المستخدمة.
- المحور الثالث : التقنيات المساحية الحديثة واستخداماتها في الاستكشاف التعديني.
- المحور الرابع : النتائج والتوصيات.

# الفصل الأول : تاريخ وأقسام علم المساحة

## تعريف علم المساحة

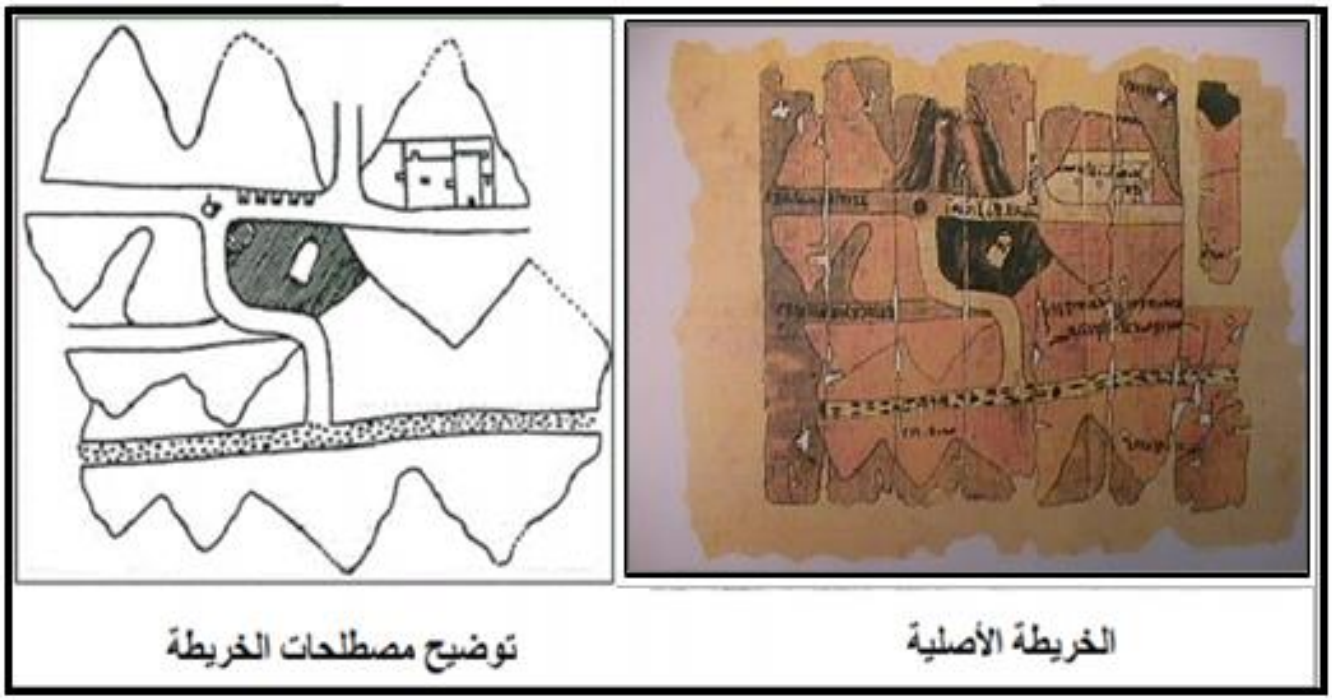
يمكن تعريف علم المساحة بأنه علم تحديد المواقع للمظاهر الطبيعية والبشرية الموجودة علي أو تحت سطح الأرض وتمثيل هذه المظاهر علي خرائط تقليدية (مطبوعة) أو رقمية (باستخدام الحاسب الآلي) [١].

ويشمل العمل المساحي مجموعة من الأعمال الحقلية (قياسات مساحية) ، والأعمال المكتبية (مخرجات مساحية) وتعتبر الخريطة بأنواعها أهم هذه المخرجات.

## تاريخ علم المساحة

ترجع بدايات علم المساحة الي آلاف السنين حيث وجدت آثار تدل علي أن قدماء المصريين ( ألف وخمسمائة عام قبل الميلاد ) قد استخدموا المساحة في قياس وتحديد الملكيات الزراعية لتقدير الضرائب لها. شكل (١) كما تثبت الخصائص الهندسية لأهرامات الجيزة (وخاصة دقة تساوي أضلاعه والتوجيه الدقيق لجهة الشمال) وكذلك اختيار موقع معبد أبو سمبل (بحيث تتعامد أشعة الشمس علي وجه تمثال الملك تحديداً في يوم ميلاده في كل عام) يدل كل ذلك علي أن المصريين القدماء كانت لديهم خبرة جيدة بأعمال المساحة. وكذلك اهتم المصريون القدماء باستخدام الخرائط في عمليات الاستكشاف التعديني ويتضح ذلك من خلال خريطة المنجم الفرعوني لعام ١٣٢٠ قبل الميلاد. شكل(٢).

شكل (١) قياسات المساحة في عهد قدماء المصريين




شكل (٢) خريطة المنجم الفرعوني لعام ١٣٢٠ قبل الميلاد

وفي عام ٢٠٠ قبل الميلاد تقريباً في مدينة الإسكندرية قام العالم الإغريقي اراتوستين بمحاولة حساب محيط الأرض والتي كانت بداية علم الجيوديسيا . تلا ذلك ابتكار اليونانيين والرومان لعدد من الأجهزة المساحية. وفي عام ١٢٠قبل الميلاد يأتي العالم اليوناني هيرون الذي يعتبر الرائد الأول في المساحة والذي حولها الي علم متخصص يحتاج للدراسة والتدريب. وفي أوروبا كانت هناك العديد من محاولات تمثيل سطح الأرض علي خرائط. شكل(٣).

خريطة العالم لهيرودوت
٤٥٠ قبل الميلاد

خريطة العالم لبطليموس
١٠٠ قبل الميلاد

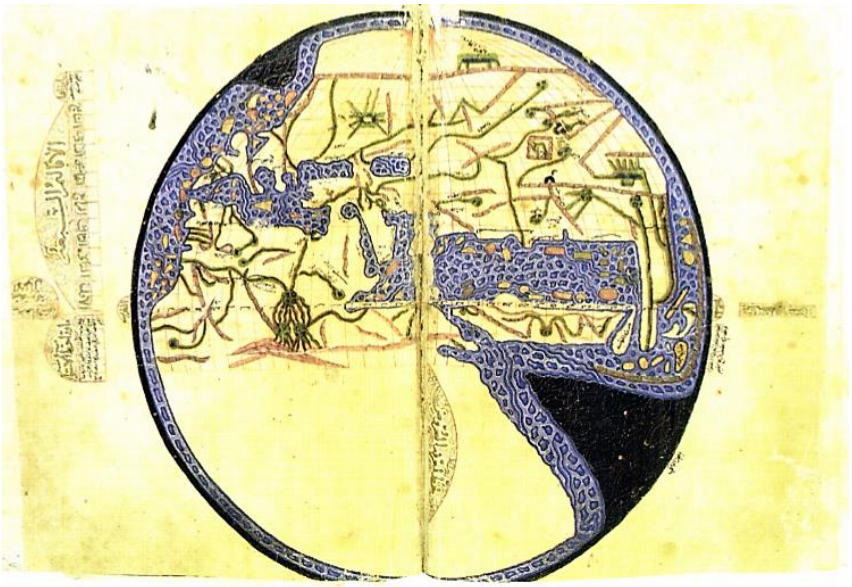
تصور الأرض كقرص من اليابسة يطفو فوق سطح المياه

شكل(٣) يوضح تطور مراحل رسم الخرائط

ويأتي علماء المسلمين بإضافات علمية قوية لعلم المساحة فقد ابتكروا أجهزة قياس الزوايا والتوجيه مثل جهاز الاسطرلاب والأجهزة الدقيقة للتسوية. شكل(٤).

شكل (٤) ابتكارات علماء المسلمين في الخرائط والفلك

كما برعوا في الرياضيات التي يقوم عليها علم المساحة مثل العالم الكبير الخوارزمي الذي أنشأ أول خريطة دقيقة للعالم قام فيها بتقسيم العالم الي سبعة أقاليم وفق خطوط الطول ودوائر العرض عرفت باسم خريطة المأمون، شكل(٥) والتي فاقت خريطة بطليموس في دقتها ، كما كانت هناك العديد من محاولات لعلماء المسلمين لرسم الخرائط مثل خريطة الإدريسي والقزويني ،...شكل (٦).



شكل (٥) خريطة المأمون

خريطة العالم للإصطخري
تقريبا ٥٨٨هـ / ١١٩٣م

خريطة العالم للإدريسي
تقريبا ٥٦٦ هـ / ١١٧٠ م

خريطة العالم للقزويني
في القرن ٩ هـ / القرن ١٥ ميلادي

خريطة العالم لابن السعيدي
تقريبا ٩٧٨ هـ / ١٥٧٠ م

شكل(٦) بعض الخرائط الإسلامية القديمة

ومع بداية القرن الثامن عشر الميلادي بدأ إنشاء شبكات الثوابت الأرضية في أوروبا بهدف إقامة العلامات المساحية التي تسمح بالتحديد الدقيق للمواقع في كل دولة.

وفي القرن العشرين الميلادي تطور علم المساحة بوتيرة سريعة مع ابتكار أجهزة قياس المسافات بالليزر وإطلاق الأقمار الصناعية واختراع الحاسبات الآلية [٢].

## أقسام المساحة

### ١- المساحة الأرضية Terrestrial Survey

تشمل القياسات والتطبيقات التي تتم علي سطح الأرض من خلال الأجهزة المساحية ، وتنقسم أعمال المساحة الأرضية الي قسمين رئيسيين طبقاً لمساحة الأرض المطلوبة والدقة المستهدفة لهذه التطبيقات والقياسات.

#### أ- المساحة الجيوديسية Geodetic Survey

يتم فيها التعامل مع شكل الأرض الحقيقي وهو شكل غير مستو ومن ثم تعتمد الأجهزة وطرق الحسابات المستخدمة في المساحة الجيوديسية علي هذا المبدأ الهام حيث يستلزم ان يتم مراعاة الشكل الحقيقي للأرض عند تمثيل مسطحات كبيرة من سطح الأرض (أكثر من ٥٠ كيلومتر مربع).

#### ب- المساحة المستوية Plane Survey

تتم فيها الأعمال المساحية علي جزء صغير من سطح الأرض (أقل من ٥٠ كيلومتر مربع) حيث يتم إهمال الشكل الحقيقي للأرض والإكتفاء بفرض أن هذا الجزء الصغير من الأرض يمكن تمثيله كمستوي أفقي. ويصلح فقط للقياسات المساحية في منطقة صغيرة من سطح الأرض وكذلك في معظم المشروعات الهندسية.

ويمكن تقسيم المساحة الأرضية المستوية إلي الأنواع الآتية:

- **المساحة الأرضية أو التفصيلية Land or Cadastral Survey**

  تهتم بالتحديد الدقيق للمواقع والحدود لقطع الأراضي في منطقة صغيرة.

- **المساحة الطبوغرافية Topographic Survey**

  تهتم بجمع الأرصاد والقياسات الأفقية وكذلك الإرتفاعات للمعالم الطبوغرافية للمناطق الصغيرة.

- **المساحة الهندسية أو الإنشائية Engineering or Construction Survey**

  تهتم بجمع الأرصاد والقياسات لكل مراحل تنفيذ المشروعات الهندسية أو الإنشائية.

- **مساحة المسارات Route Survey**

تهتم بتنفيذ العمل المساحي المطلوب لإنشاء المشروعات الطولية مثل (مشروعات الطرق والسكك الحديدية ومد خطوط الأنابيب والكهرباء والترع والمصارف والقنوات المائية ،....)

### ٢- المساحة التصويرية Phtogrammetry

المساحة التصويرية هي كل ما يمكن إنتاجه مساحياً من خلال أجهزة التصوير المختلفة سواءً الثابتة أو المتحركة وكذلك المحمولة جواً أو الموضوعة داخل الأقمار الصناعية ، شكل(٧) وتنقسم إلي الآتي:

- **المساحة التصويرية الأرضية Terrestrial Photogrammetry**

حيث يتم التصوير من سطح الأرض باستخدام كاميرات ثابتة أو محمولة علي سيارات.

- **المساحة التصويرية الجوية Photogrammetry**

حيث يتم التصوير من الطائرات باستخدام كاميرات مثبتة بجسم الطائرة.

- **المساحة التصويرية الفضائية Satellite Photogrammetry**

حيث يتم التصوير باستخدام كاميرات ومستشعرات محملة علي الأقمار الصناعية.

شكل (٧) منجم *Super Pit* الاسترالي للذهب كما تم التقاطه بواسطة بالتصوير الجوي

- **الإستشعار عن بعد Remote Sensing**

وفيه يتم استقبال صور فضائية تستخرج منها معلومات وبيانات من سطح الأرض عن طريق حساسات مثبتة بالأقمار الصناعية.

- **المسح بالليزر Laser Scanning**

ويعد من أحدث أساليب المساحة التصويرية المستخدمة حالياً حيث يتم مسح المعالم بإستخدام الليزر ، ويستخدم جهاز المسح بالليزر إما في وضع ثابت علي الأرض أو متحرك.

## ٣- المساحة البحرية أو الهيدروجرافية Hydrographic Survey

تستخدم المساحة البحرية في إنتاج الخرائط المساحية للمسطحات المائية بكافة أنواعها (المحيطات والبحار والبحيرات والأنهار والمجاري المائية) وجمع المعلومات الكاملة عنها مثل:

- ظواهر المد والجزر
- أعمال النحر والترسيب للمجاري المائية

- قياس منسوب المياه في الأماكن المختلفة
- أعمال التنقيب عن البترول والمعادن والغاز
- كافة الأعمال الهندسية المتعلقة بالمسطحات المائية
- تمثيل تضاريس قاع البحر (إنشاء الخرائط الهيدروجرافية) شكل(٨).

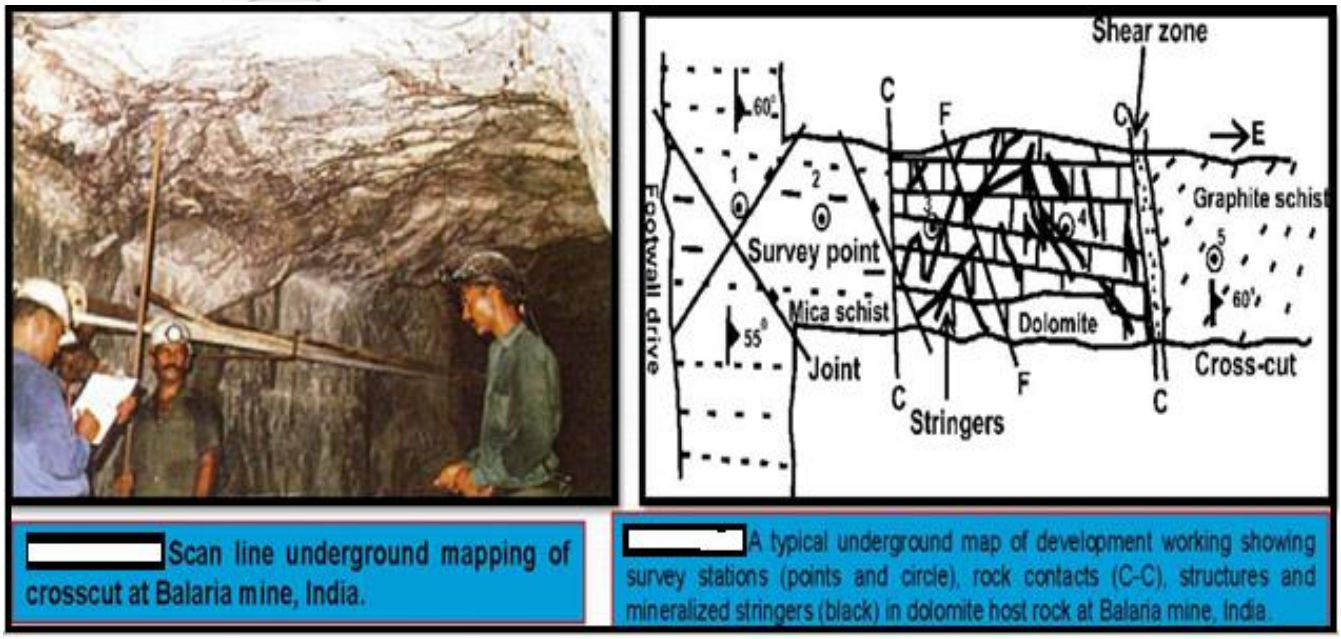
شكل(٨) أمثلة لأجهزة المسح الصوتي

ويستخدم فيها أجهزة الماسح الصوتي Echo Sounder بصورة كبيرة بالإضافة إلي أجهزة الرصد علي الأقمار الصناعية GPS وكذلك أجهزة الماسح الضوئي. شكل(٩).

شكل (٩) المساحة الهيدروجرافية Hydrographic Survey

## ٤- المساحة تحت سطح الأرض Underground Survey

وتشمل الأعمال المساحية للمشروعات تحت سطح الأرض مثل ( الأنفاق والمناجم وشبكات الخدمات الكبرى وخلافه ، وهناك أجهزة مساحية تسمي Ground Penetrating Radar (GPR) يتم تمريرها علي سطح الأرض وتستخدم أشعة الرادار للكشف عن مسارات وأعماق شبكات المرافق. شكل (١٠).




شكل (١٠) توضح الأعمال المساحية في المناجم تحت الأرض

## ٥- المساحة الفلكية Astronomical Survey

تعد من أقدم العلوم المساحية وكانت تستخدم في عهد المصريين القدماء لتحديد أوقات الزراعة والحصاد وخلافه ، كما كانت تستخدم بعد ذلك في إنشاء شبكات الثوابت الأرضية (نقاط معلومة الإحداثيات) والقياس الدقيق لخطوط القواعد وفي تحديد الاتجاهات الأصلية (شمال– جنوب– شرق– غرب) وكذلك في الترحال والسفر في الصحراء ليلاً ومعرفة بدايات الفصول الأربعة.

ويختص علم الفلك في دراسة حركة النجوم والكواكب وتحديد الوقت وتحركات القشرة الأرضية وتحديد بدايات الشهور القمرية وتحديد اتجاهات القبلة ومواقيت الصلاة وكذلك ظاهرتي الكسوف والخسوف [٣].

## العمل المساحي

يمكن تقسيم العمل المساحي إلي قسمين رئيسيين: الرفع والتوقيع. شكل(١١)

- **الرفع Layout**

وهو إجراء القياسات المساحية في الطبيعة ومن ثم تمثيلها علي الخريطة ، أي أن عملية الرفع هي عملية نقل المعلومات من الطبيعة إلي الخريطة.

- **التوقيع Setting out**

وهو تحديد مواقع (إحداثيات) لظواهر أو أهداف محددة علي الخريطة ومن ثم تحديد هذه المواقع في الطبيعة ، أي أن عملية التوقيع هي عملية نقل المعلومات من الخريطة إلي الطبيعة [٤].

يلي ذلك العمل المكتبي حيث يتم نقل البيانات الي البرامج المساحية المختلفة ، ومن أمثلة هذه البرامج (AutoCAD –Land Desktop – Surfer –Civil Cad –Arc Map…) ثم تتم عملية ضبط وتصحيح الأرصاد والحسابات المساحية المطلوبة الي أن نصل الي الخريطة وهي أهم مخرجات العمل المساحي.

شكل(١١) يوضح أقسام العمل المساحي

# الفصل الثاني : مفهوم وأهداف الاستكشاف التعديني وأهم طرق المسح المستخدمة

## مفهوم الاستكشاف التعديني

يعرف مفهوم الاستكشاف التعديني بأنه مجمل العمليات والدراسات الجيولوجية التي تهدف الي اكتشاف وتعيين اماكن الترسبات المعدنية، والتكوينات والتراكيب الجيولوجية المختلفة الواقعة ضمن المنطقة المستهدفة بأعمال الاستكشاف، وبالتالي إبداء التوصية والاستنتاج حول نتائج هذه العمليات والدراسات الجيولوجية وقيمتها الاقتصادية والعلمية.

## الهدف من عملية الاستكشاف

قد يكون الهدف من عملية الاستكشاف المعدني هو تحديد المناطق المشجعة علي تواجدات لترسبات معدنية أو ثروات معدنية وتحديد امتداداتها فقط بهذه الحالة يتم استخدام الطرق السهلة والسريعة في هذه العمليات أما إذا كان الهدف هو تحديد أماكن تواجدها وحساب كمياتها وبالتالي استثمارها واستخراجها عندئذ يجب استخدام الطرق والوسائل العلمية المتطورة والدقيقة لغرض إنجاز هذه المهمة [٥].

## التخطيط لبرنامج العمل الاستكشافي Planning of Exploration Project

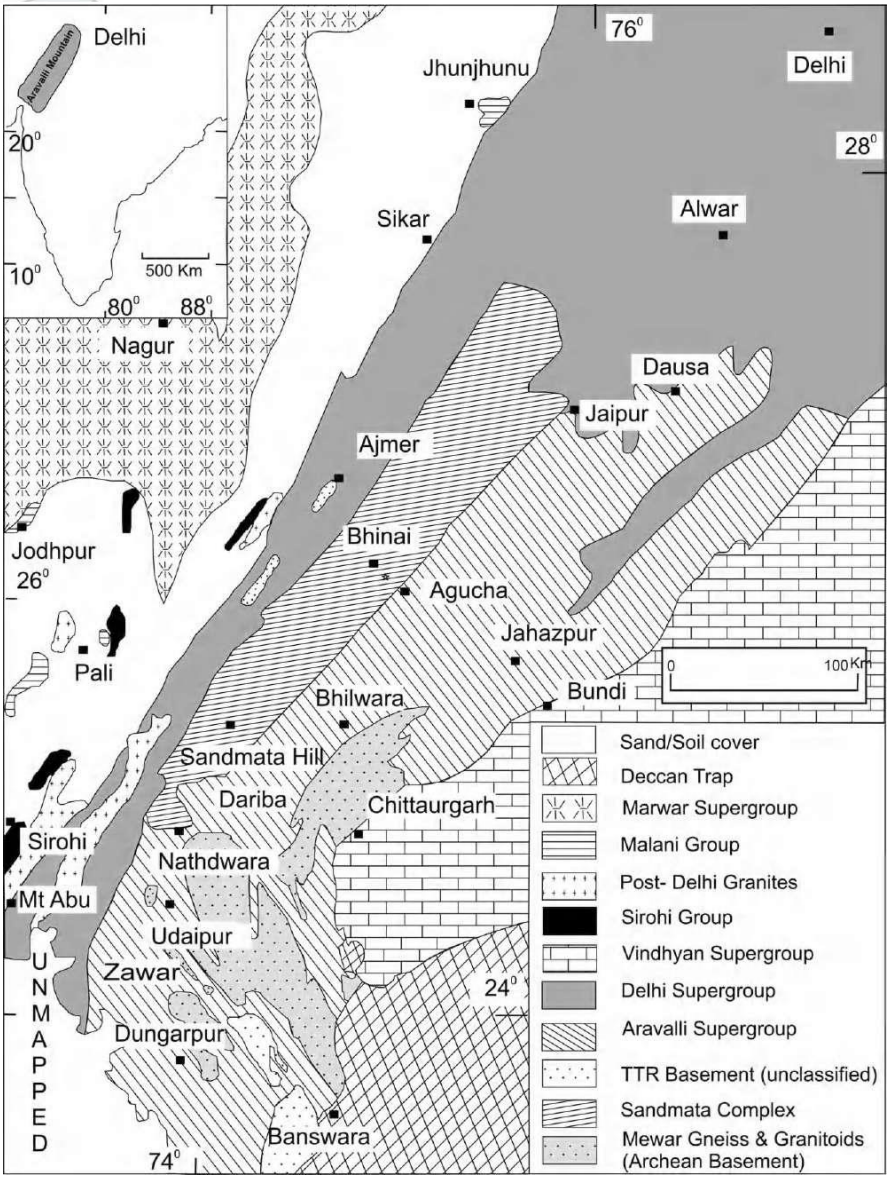
إن التخطيط الجيد والسليم لأي برنامج عمل استكشافي هو تطبيق سياقات وقواعد العمل الجيولوجي الصحيحة، يتضمن هذا البرنامج سلسلة متعاقبة من المراحل تبتدئ من كيفية التخطيط للبرنامج وتنتهي بمراحل التنفيذ ، الي الاسراع في انهاء الأعمال الاستكشافية وتقديم نتائج دقيقة ذات موثوقية عالية.

## برنامج الاستكشاف التعديني Mineral Investigation Program

ينقسم برنامج الاستكشاف التعديني إلي مرحلتين اعتماداً علي طبيعة الدراسات والعمليات التي يتم إجراؤها في كل مرحلة وهي:

- **الدراسات الأولية الإقليمية Preliminary Regional Studies**
- **المسح والتنقيب الأرضي Surface Investigation Survey**

وفي كلا المرحلتين تظهر وبصورة واضحة أهمية التقنيات المساحية ودورها في مراحل الاستكشاف بداية من صور الأقمار الصناعية والصور الجوية من خلال الاستشعار عن بعد، وتقنيات تحليل تلك الصور، ثم تحديد الأماكن المحتملة علي خرائط ذات مقياس رسم مناسب ، وذلك من خلال استخدام التقنيات المساحية المختلفة والتي توفر الوقت والجهد والتكلفة لإنجاز أعمال الاستكشاف ، وصولاً الي الخريطة التي توضح أماكن التمعدنات والتي تعد من أهم مخرجات الأعمال المساحية. شكل(١٢)




شكل (١٢) خريطة جيولوجية إقليمية

المصدر: Mineral Exploration Principles and Applications, S. K. Haldar,2013 [٦]

- **أولاً : الدراسات الأولية الإقليمية Preliminary Regional Studies**

الهدف من مرحلة الدراسات الأولية الإقليمية هو تعريف وعزل المناطق التي تعطي دلائل مشجعة علي ما يشير إلي أنها أكثر ملائمة لتواجد ترسبات معدنية أو تراكيب جيولوجية أو غير ذلك من الأهداف الجيومورفولوجية علي ضوء الشواهد المستنبطة من الصور الفضائية، الصور الجوية أو الخرائط الجيولوجية والدراسات السابقة.

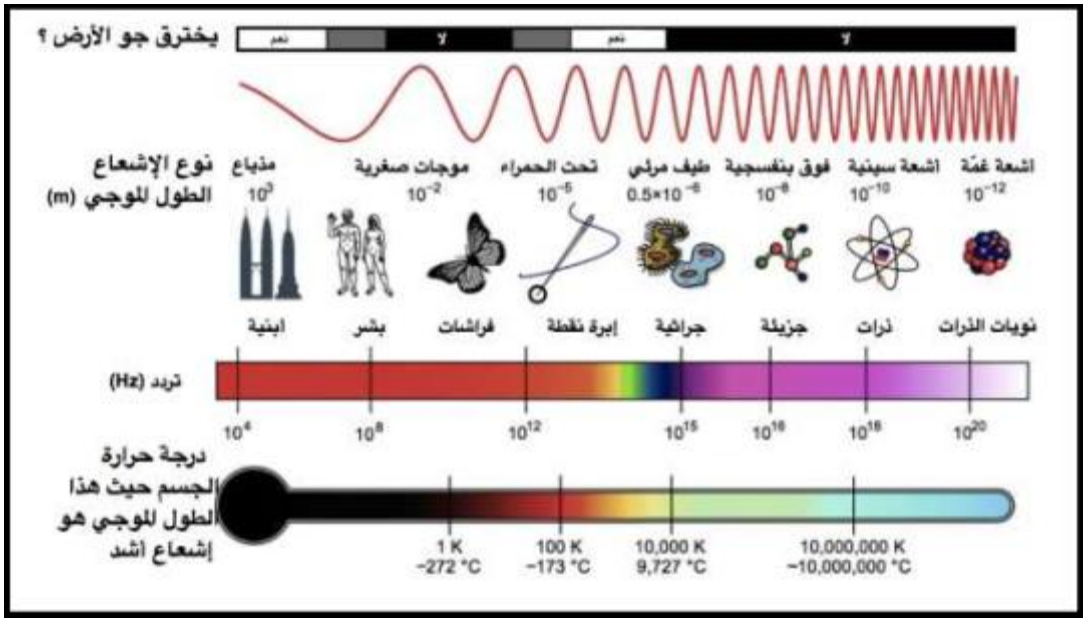
مثال علي ذلك عزل وتحديد المناطق المشجعة علي احتمالية احتوائها علي ترسبات معدنية ضمن مساحة قارة أو ولاية أو صحراء.... الي غير ذلك وإبداء الرأي والتوصية حولها لغرض دراستها تفصيلياً من علي سطح الأرض في المرحلة الثانية.

برنامج الإستكشاف التعديني الإقليمي يتضمن دراسات ونشاطات جيولوجية متعاقبة تستخدم تقنيات علمية متعددة لإنجاز هذه الدراسات وهي :-

- **١ـ دراسة وتحليل الصور الفضائية والجوية Remote Sensing Interpretation**

يعرف أسلوب Remote Sensing بأنه طريقة جمع المعلومات عن أي أهداف أرضية محددة باستخدام الصور عن بعد وبدون وجود أي تماس مباشر مع هذه الأهداف. ويتم ذلك بواسطة تحسس وتسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية من الأجسام التي تقع ضمن الأطوال الموجية الواقعة بين الأشعة فوق البنفسجية والأمواج الميكروية (300m to 1m) ضمن الطيف المغناطيسي شكل رقم (١٣).

الصور الفضائية والجوية تعتبر تقنيات ووسائل مهمة جداً ومفيدة امكن توظيفها واستخدامها في الكشف والتحري عن التكوينات الجيولوجية والترسبات المعدنية الموجودة علي سطح الأرض. ان استخدام تقنية الحاسوب في العمل الجيولوجي مكن بصورة فاعلة وكبيرة في معالجة وتحليل كافة المعلومات التي يمكن الحصول عليها بواسطة الأقمار الصناعية أو الطائرات لسطح الأرض ودراسة مختلف أنواع المتغيرات واستخدام وسائل علمية متطورة مثل دراسة الأطوال الموجية المنبعثة من سطح الأرض ، توزيع درجات الحرارة علي سطح الأرض، دراسة الأشعة المنعكسة من علي الصخور والتربة السطحية وحتي دراسة اللون مكن من دراسة وتفسير ظواهر جيولوجية متعددة وعلي امتداد مساحات واسعة جداً أمكن تحديد المناطق الحاوية علي شواهد مشجعة أو التي تعطي دلالات مختلفة عن المناطق المحيطة بها الحاوية علي ترسبات معدنية، حيث أمكن تحديد مناطق المكونات الجيولوجية، الفوالق والصدوع.




شكل ( ١٣) الطيف المغناطيسي- حزم الأطوال الموجية مع الترددات للأشعة الإلكترو مغناطيسية
"Introduction to the Electromagnetic Spectrum Spectroscopy" Akul. Mehta.

- **التقنية الأولي المستخدمة تقنية الاطوال الموجية المتعددة او المركبة**

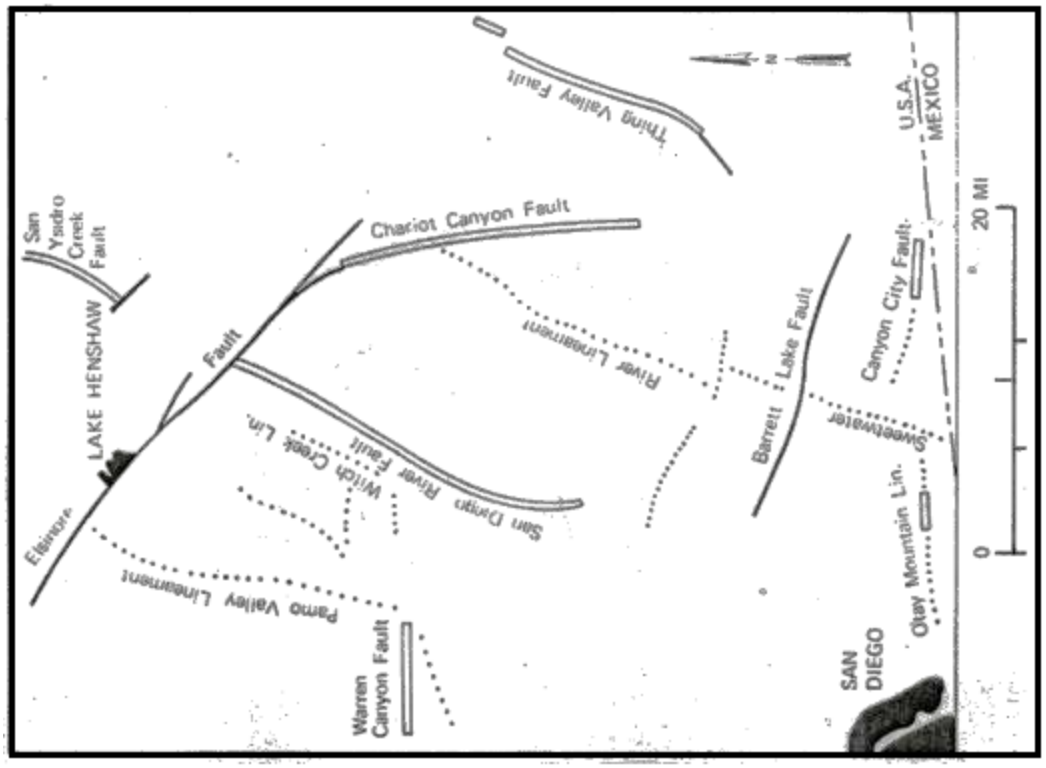
وكذلك استخدام اسلوب التحليل للصور الحرارية دليل جيد ومهم في دراسة توزيع الترسبات المعدنية على سطح الارض وكذلك الصور الجوية باللون الأسود والأبيض وباستخدام مقياس رسم 1:20000 أو 1:5000 مفيد جداً في الاستكشاف المعدني حيث نحصل منها على تفاصيل دقيقة في اماكن تواجد الشواهد الجيولوجية المشجعة ، وعملاً بالقول السائد أن الصورة خير من الف كلمة ساعدت هذه الصور على تقدم علم الجيولوجيا كثيراً من خلال توفير معلومات كبيرة عن المناطق النائية والصحراوية والصعبة الوصول اليها وبصورة سريعة وسهلة وبتكاليف قليلة.

ان الصور الفضائية الفعالة التي تستعمل في اعمال المسوحات الجيولوجية وهي الصور التي تسمى (Mss.) والتي تنجز بواسطة (الماسح الطيفي المتعدد) (Multispectral Scanner) وقد بدأ العمل بهذا النظام منذ عام ١٩٧١ هذا النظام ينتج صور مكونة من عناصر صور صغيرة تسمى (Pixels) وهي تمثل أصغر جزء تتألف منه الصورة والتي تغطي مساحة من الأرض ما يقارب (80*60) متر مربع تعكس شدة اللمعان او الدكونة في الضوء في الصورة وعندما تجمع سوية ينتج لنا صورة فضائية كاملة تمثل مساحة معينة من الأرض وهناك نظام آخر من الصور الفضائية اكثر تفصيلا يسمى (TM) (Thematic Mapper) والذي يمثل كل عنصر فيه (Pixel) ما يساوي (30*30) متر مربع . باستخدام هذه التقنية استفاد علم الجيولوجيا كثيراً منها في تفسير الظواهر الجيولوجية وتحديد مواقع الترسبات المعدنية بالإضافة الى تحديد الصدوع والكسور التي غالبا ما يصاحبها وجود ترسبات معدنية مهمة. هذه الوسائل والاساليب العلمية الجديدة أدت الى اختصار الوقت وتقليل تكلفة المسح الجيولوجي كثيراً أثناء عمليات الاستكشاف المعدني ، شكل رقم (١٤) يوضح احد الصور الملتقطة بالأقمار الصناعية ، مع تفسير هذه الصورة جيولوجياً شكل رقم(١٥).

- **التقنية الثانية المستخدمة في الصور الفضائية هي استخدام الفقدان الحراري**

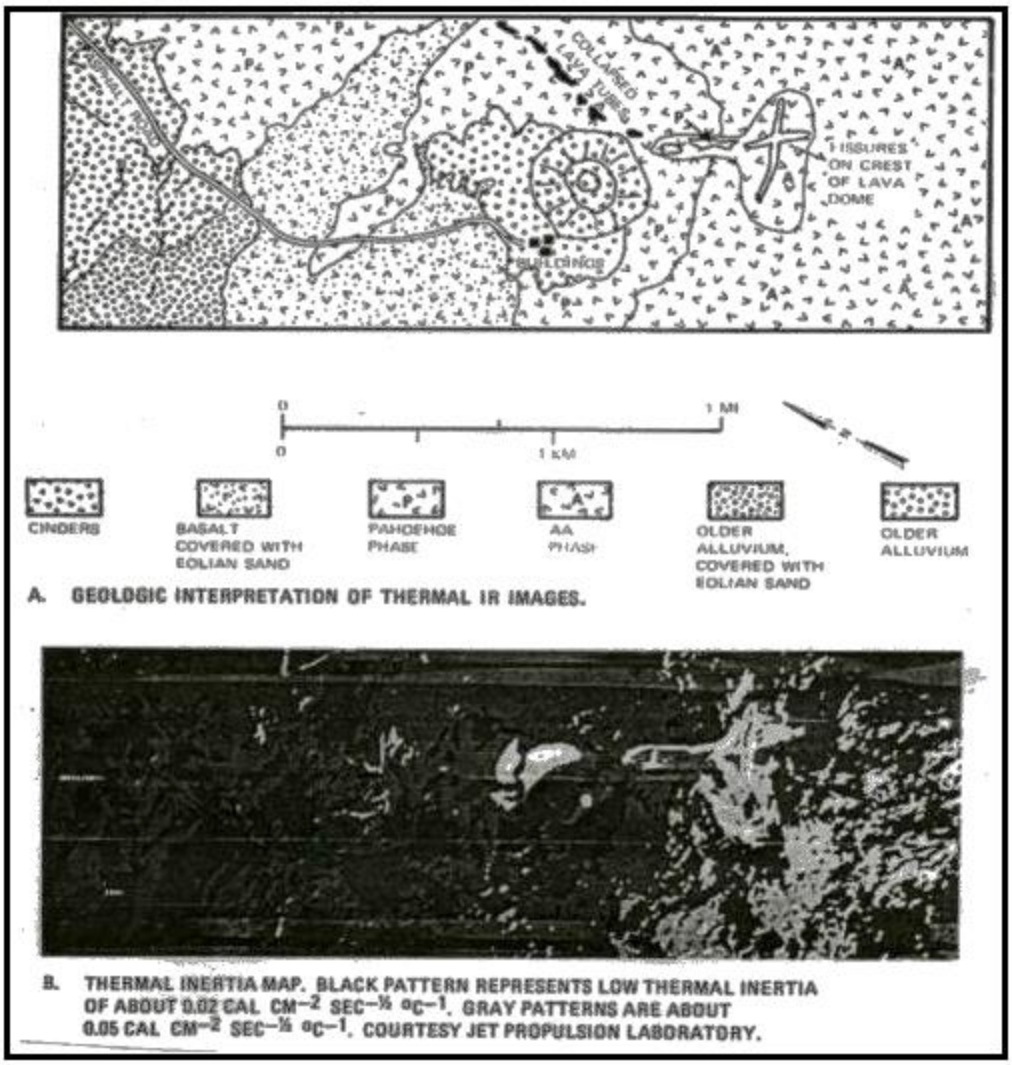
وذلك للمواد التي تقع ضمن الأطوال الموجية تحت الحمراء (IR). ان المواد لها خاصية اشعاع طاقة في الليل او النهار، وان قابلية التحسس او تسجيل هذا الاشعاع الحراري على شكل صور يبدو فيها على شكل اماكن مضيئة أمكن الاستفادة من هذه الخاصية في التطبيقات الجيولوجية الاستطلاعية. الحرارة تؤدي الى حصول حركة عشوائية في جزيئات المادة هذه الحركة العشوائية تسبب تصادم بين جزيئات المادة وبالتالي تؤدي الى فقدان في الطاقة على شكل انبعاث أشعة الكترومغناطيسية في سطح هذه المواد. هذه الأشعة المنبعثة تقع ضمن الاطوال الموجية للأشعة تحت الحمراء. تسجل بأجهزة خاصة على شكل صور مضيئة ومظلمة تمثل الفرق في الانبعاث الحراري وبالتالي أمكن الاستفادة منها في التطبيقات الجيولوجية.

شكل رقم(١٤) صورة ملتقطة بالأقمار الصناعية لإحدي المناطق جنوب كاليفورنيا
المصدر Floyd. F. 1979 p.90




شكل(١٥) التفسير يوضح التراكيب الجيولوجية الظاهرة علي سطح الأرض
المصدر Floyd. F. 1979 p.91

القشرة الأرضية التي تحتوي على مياه جوفية تحت سطح الأرض عادة ما تمتلك درجة حرارة باردة مما هي عليه في الصخور الجافة الغير حاوية على المياه حيث تكون درجة حرارتها قليلة ليلاً ونهاراً بسبب حصول تبخر للماء وبالتالي يسبب تقليل في درجة الحرارة للصخور والذي يظهر على شكل مناطق داكنة او سوداء في الصورة التحت حمراء. لذلك فان المناطق التي تحتوي على مياه جوفية قريبة من السطح، فإنها تظهر على شكل مناطق داكنة سوداء في الصورة الحرارية التحت حمراء. شكل رقم (١٦)



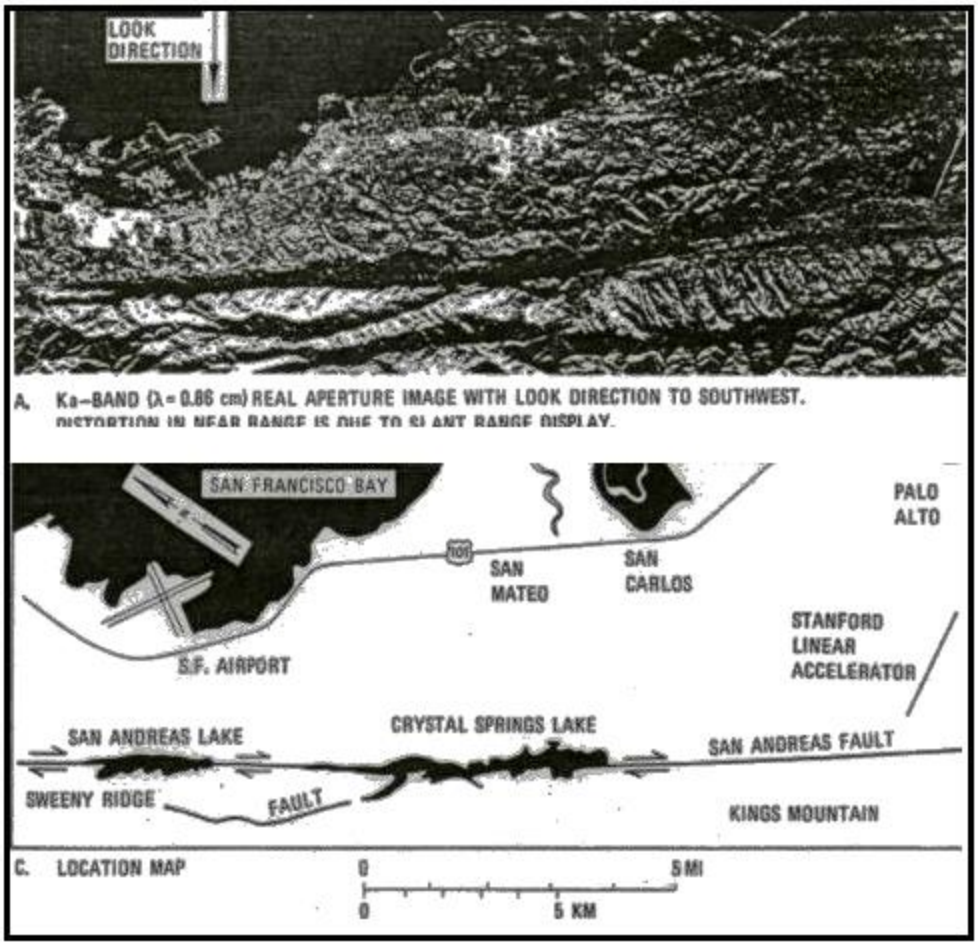

شكل(١٦) صورة ملتقطة بالأقمار الصناعية بالأشعة تحت الحمراء
المصدر Floyd. F. 1979 p.153

- **التقنية الثالثة المستخدمة تقنية الرادار في الصور الفضائية**

والرادار عبارة عن أشعة راديوية تقع ضمن الطيف الكهرومغناطيسي بطول موجي يتراوح من

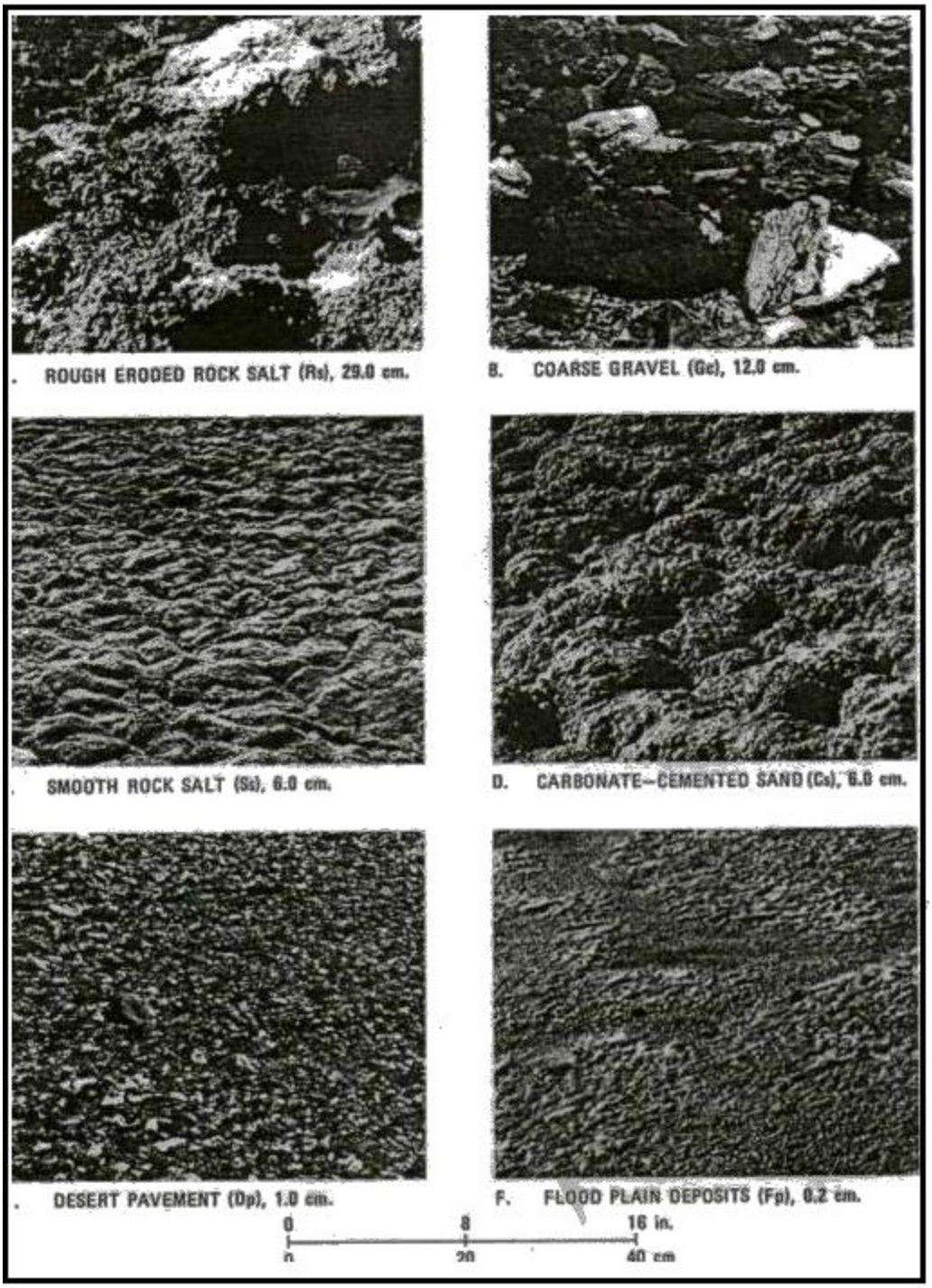
. (1m to few mm)

تطلق هذه الأمواج الراديوية من أجهزة خاصة في الأقمار الصناعية نحو الأرض بزاوية معينة ثم ترتد من على السطوح للتضاريس الأرضية حيث تظهر السطوح المواجهة لسقوط الأشعة على شكل مناطق مضيئة والسطوح المعاكسة لها شكل مناطق داكنة وبالتالي فإنها تعكس شكل تضاريس الأرض التي من الممكن الاستفادة منها في تفسير الظواهر الجيولوجية والتراكيب السطحية شكل رقم (١٧). إن أهميه الصور الرادارية هي كونها مستقلة ولا تتأثر بالظروف المناخية والغيوم[٧].

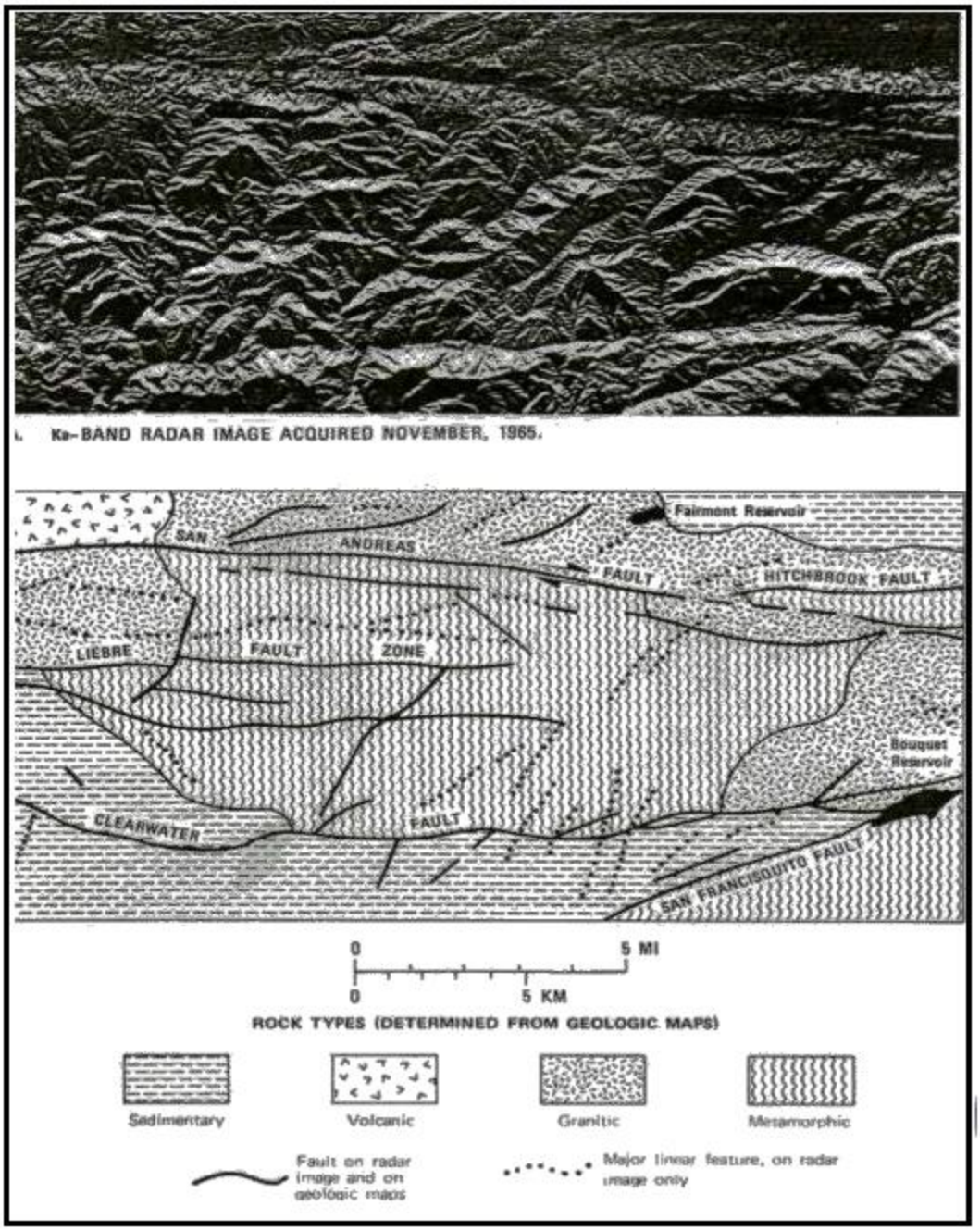



شكل رقم (١٧) تفسير الصور الفضائية الملتقطة بالأقمار الصناعية باستخدام تقنية الرادار
المصدرFloyd. F 1979 p.189

إن تفسير الظواهر الجيولوجية عن طريق استخدام الصور الفضائية او الصور الجوية تعتمد بصوره أساسية على الخبرة العلمية المتراكمة لدى الشخص القائم بأعمال التفسير حيث ان الممارسة الطويلة تعطي خبرة جيدة وخاصة عند مطابقة ما هو مشاهد في الصور الفضائية مع الظواهر الحقلية والخرائط الجيولوجية وهي مهمة جداً في اكتساب الخبرة والمهارة في تفسير مختلف التراكيب والظواهر التي تساعد على تفسير الصور الفضائية بالإضافة الى استخدام الوسائل المتقدمة والبرامج العلمية الحديثة في الحاسبات الإلكترونية واستخدام اسلوب الصور الرقمية التي تسهل كثيراً في عمليات التفسير والدراسة وتحليل الصور الفضائية شكل رقم(١٨) يوضح مختلف الصور الفضائية ملتقطة لمختلف أنواع التضاريس الأرضية وهي مهمة جداً في تفسير الصور الفضائية بالمقارنة مع الاشكال المتشابهة كذلك من الممكن الاستعانة بالخرائط الجيولوجية ومطابقتها مع الصور الفضائية لتفسير ظواهر وتراكيب جيولوجية كثيرة تظهر على سطح الأرض. شكل رقم (١٩).




شكل رقم (١٨) صور فضائية لمختلف أنواع التضاريس الأرضية
المصدر Floyd. F. 1979 p.198




شكل رقم (١٩) تفسير الصور الفضائية بالاستعانة بالخرائط الجيولوجية والتكتونية
المصدر Floyd. F. 1979 p.229

## ▪ ٢- التحسس الجيوفيزيائى الإقليمى Regional Geophysical Detection

من المعروف ان الترسبات المعدنية تحتوي على تراكيز عالية من بعض المعادن أكثر بكثير من معدلات انتشارها في القشرة الأرضية ، هذه المعادن تمتلك خصائص وصفات فيزيائية خاصة لكل معدن تختلف عن الصخور المحيطة بها مثال على ذلك كثافتها عالية ، امتلاكها لخاصية المغناطيسية ، الخاصية الإشعاعية ، وبذلك أمكن من استخدام أجهزة متخصصة في الكشف عن هذه الصفات باستخدام الطائرات. الطرق الجيوفيزيائية الجوية أمكن استخدامها وتطبيقها في دراسة ومسح المناطق الإقليمية الواسعة ، والمناطق الجبلية، المناطق الصحراوية وبصوره سريعة حيث تختصر الوقت والجهد وتقلل التكاليف المالية.

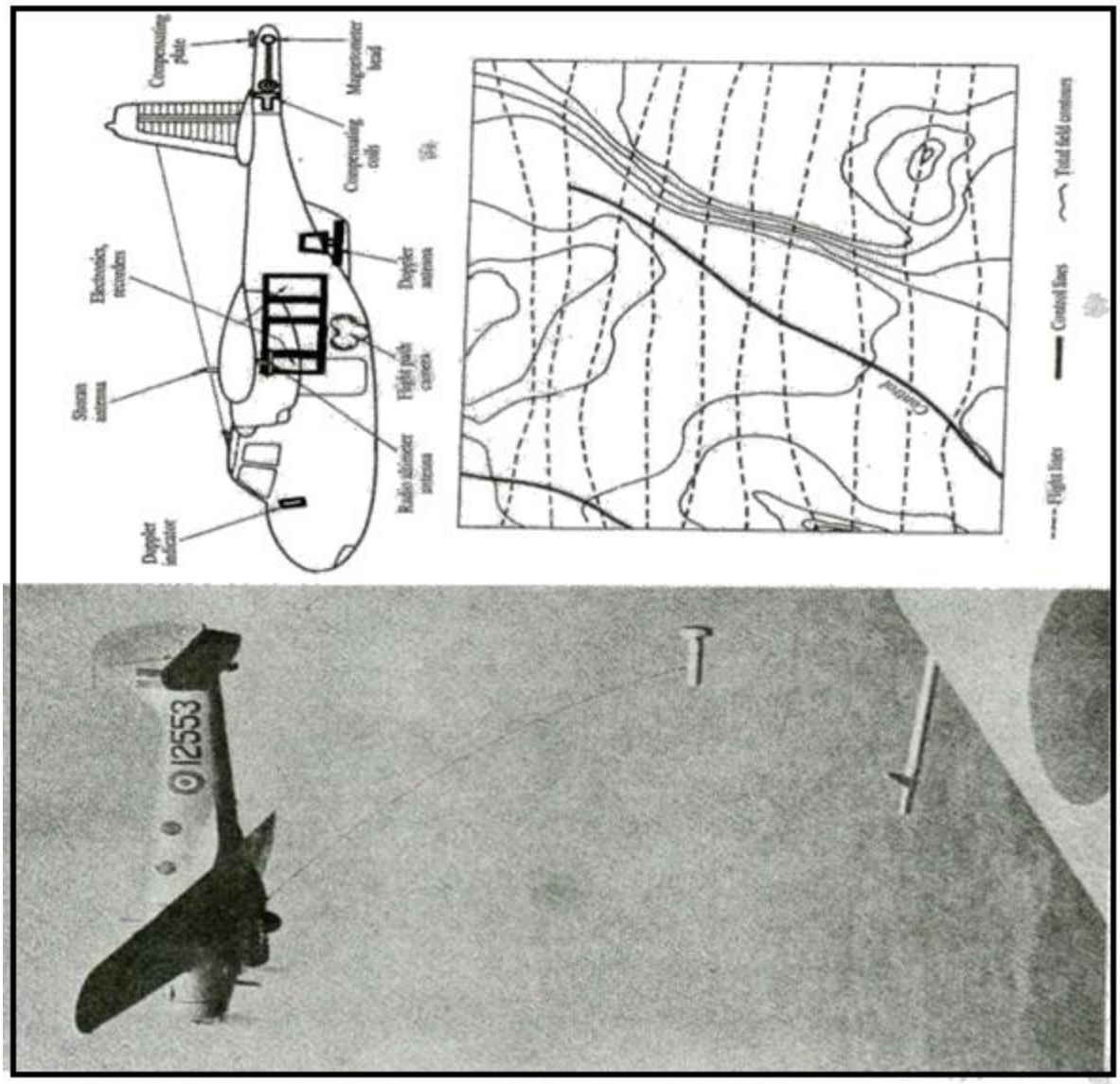
من أهم الطرق الجيوفيزيائية المستخدمة في المسح الجوي هي الطريقة المغناطيسية الجوية والطريقة الالكترومغناطيسية الجوية.

### أ- الطريقة المغناطيسية الجوية Aeromagnetic Survey

يتم قياس المغناطيسية الأرضية (المجال المغناطيسي الكلي) من الجو باستخدام الطائرات ويتم ذلك عن طريق ربط جهاز قياس المغناطيسية خلف او أسفل الطائرة لإبعاده عن تأثير مغناطيسية الطائرة ويتم تسجيل الاختلافات في القراءات المغناطيسية المستلمة من الأرض من قبل جهاز يسجل نتائج على شريط خاص (شكل رقم ٢٠) يتم اجراء المسح الجوي على طول مسارات متوازية تسلكها الطائرة اثناء الطيران لكي تغطي كامل المنطقة المستهدفة (شكل رقم٢١).

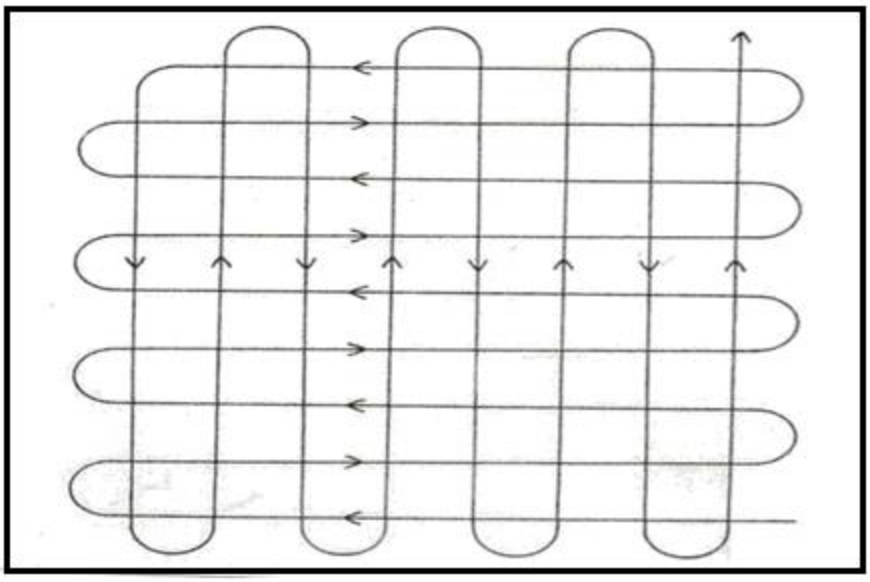
من أصعب المشاكل التي تواجه المسح الجوي هي تثبيت المسارات التي تسلكها الطائرة مع تسجيل القراءات ويتم تجاوز ذلك في كثير من الأحيان باستحصال صور جوية بصورة موازية مع المسح الجوي، بعد ذلك تتم معالجة وتحليل هذه النتائج لاستخراج وفصل القراءات المغناطيسية العالية او ما يسمى (الشذوذ المغناطيسي) حيث يتم إسقاطها على شكل خرائط ترسم وتحدد منها المناطق المشجعة على تواجدات لشواهد مغناطيسية عالية (شكل رقم ٢٢).

تم تطوير أجهزة حديثة تقوم بتسجيل القراءات المغناطيسية تلقائيا وقسم منها يقوم بطرح الخلفية المغناطيسية الأرضية مباشرة ليعطي نتائج الشواهد المغناطيسية العالية وتحديد أماكنها وامتداداتها ، بعدها يتم رسم وإنتاج خرائط كنتورية تسمي Isomagnetic Maps تظهر الشواذ المغناطيسية اي يتم من خلالها تحديد شكل واتجاه التراكيب الجيولوجية والتكوينات الصخرية الحاوية على مواد مغناطيسية.



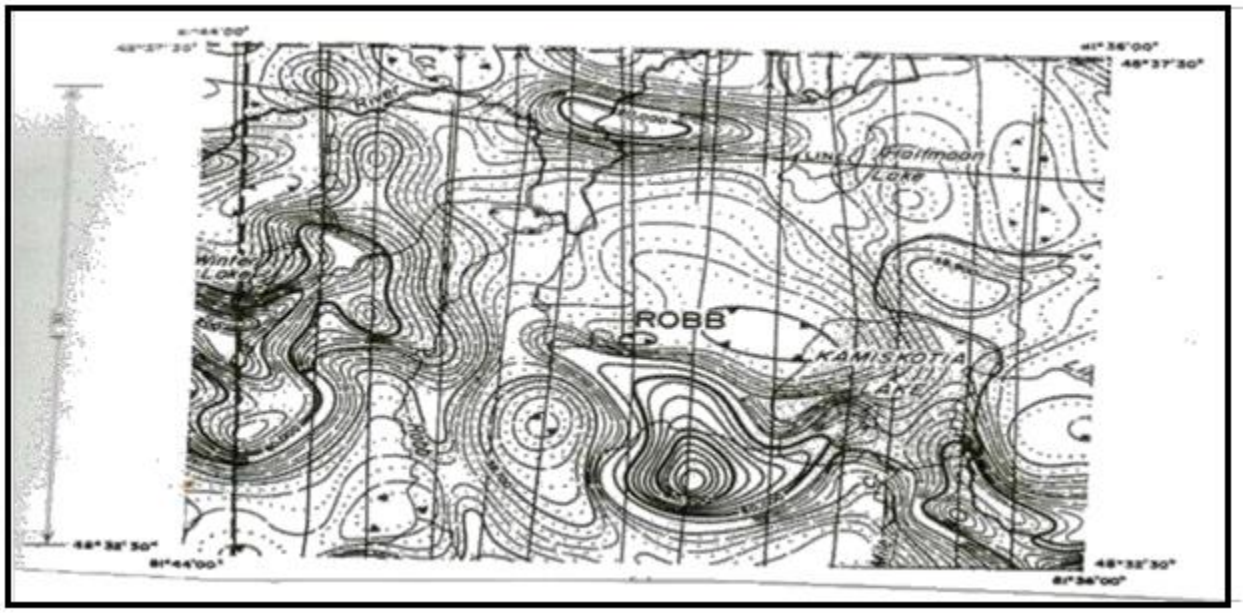

شكل رقم (٢٠) شكل يوضح ترتيب الأجهزة في المسح الجوي المغناطيسي

المصدر: زراك ، غازي عطية ، ٢٠٢١، جيولوجيا المناجم والاستكشاف التعديني



شكل رقم (٢١) مسارات المسح الجوي الإقليمي

هذه الطريقة فعاله وسريعة وغالبا أول ما تستخدم في الاستكشاف المعدني الاقليمي نظراً لسرعة انجاز العمل والتكلفة القليلة ولها قيمة عالية في رسم الخرائط المغناطيسية الإقليمية.

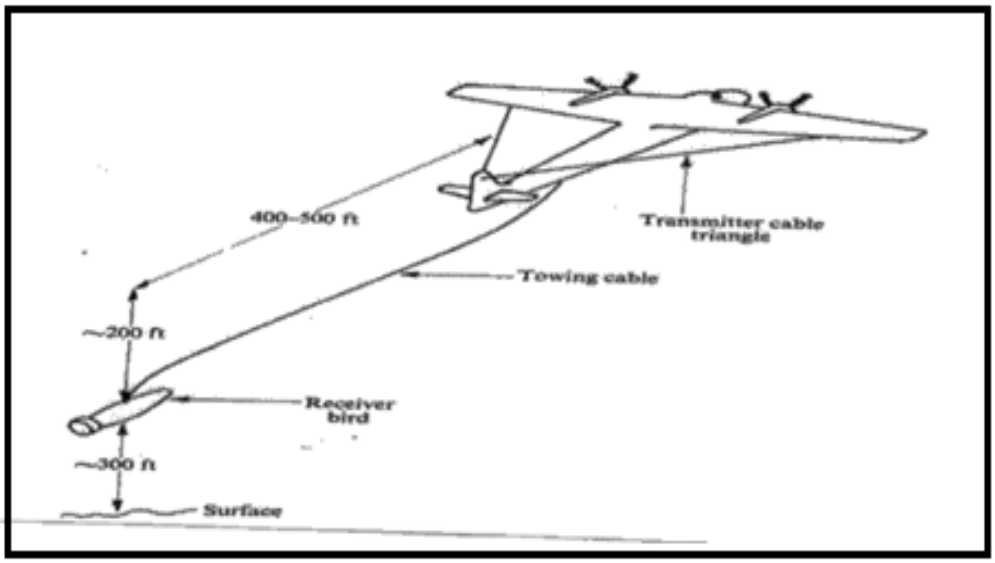



شكل رقم (٢٢) خريطة المسح الجوي الإقليمي توضح الشذوذ المغناطيسي
المصدر Telford s W.M. et al 1985 p.199

## ب- المسح الجوي الإلكترومغناطيسي Aero Electromagnetic Survey

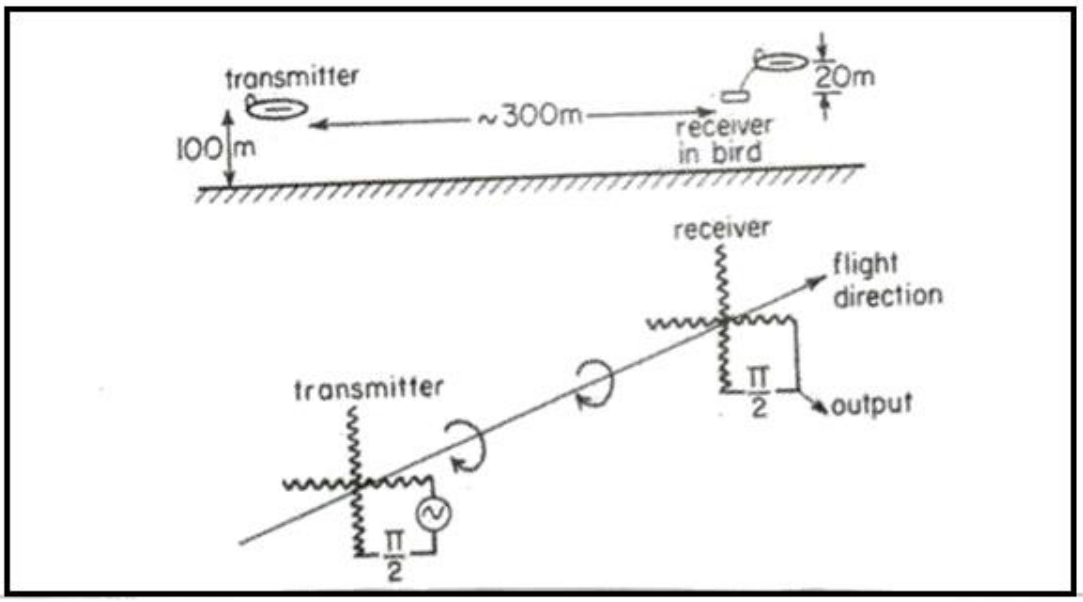
المسح الجوي المغناطيسي يعتمد على إحداث مجال مغناطيسي أولي بواسطة ملف او كابل يتم ربطه او حمله في الطائرة يمتاز بكونه ذو ترددات منخفضة وسعة كبيرة وذات مجال مغناطيسي قوي ، ارتفاع الطائرة يتراوح من ٥٠٠ قدم الى حوالي نصف ميل تسير على مسارات طيران محددة. هذا المجال المغناطيسي عند مروره وتغلغله في الطبقات الصخرية الأرضية وفي حالة وجود ترسبات معدنية حاصلة في معادن الحديد او اية مواد مغناطيسية فانه يؤدي الى احداث تيار كهربائي عن طريق حصول استقطاب الشحنات الكهربائية داخل الجسم المعدني مما يؤدي الى ظهور مجال مغناطيسي ثانوي حول الجسم المعدني محصلة المجال المغناطيسي الثانوي عند تقاطعه مع المجال المغناطيسي الأرضي يتم استلامه عن طريق ملف استلام مثبت كذلك في الطائرة يسجل كافة التغيرات الحاصلة في المجال المغناطيسي والتي تعكس وجود اجسام معدنية أو تراكيب جيولوجية تحت سطح الأرض.

عادة يتم ربط الملف المرسل للمجال المغناطيسي بين اطراف اجنحة الطائرة وبين مؤخرتها (شكل رقم ٢٣) أما ملف الاستلام والذي يسمى (الطائر Bird) يربط بواسطة سلك يتدلى أسفل الطائرة ، تسمى هذه الطريقة (Quadrature Method).



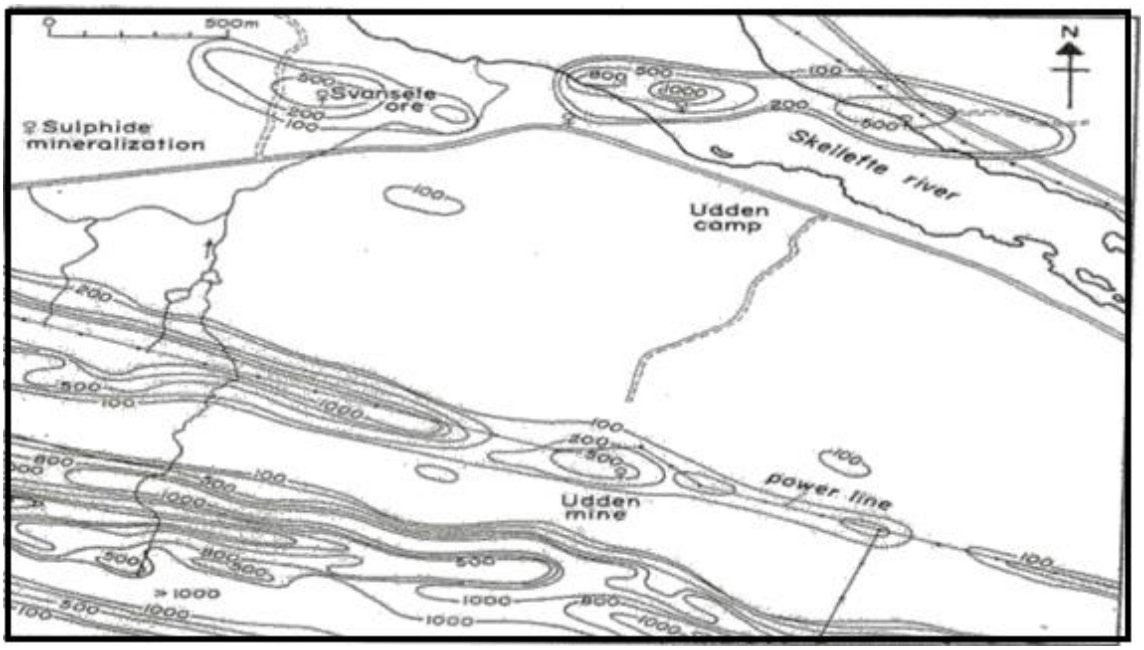

شكل رقم(٢٣) مخطط يوضح طريقة ربط واستخدام أجهزة المسح الجوي الإقليمي للطريقة الالكترومغناطيسية

الطريقة الثانية المحورة لهذا الترتيب هو استخدام ملف إرسال مغناطيسي ثابت على سطح الأرض ويكون ملف الاستلام في الطائرة ، من فوائد هذه الطريقة هو الحصول على تغلغل كبير للمغناطيسية في باطن الأرض خلال الصخور تحت سطحية وتكون مسارات الطيران عمودية على هذا الملف. الطريقة المستخدمة هي استخدام طائرتين واحدة خلفية تحمل ملف الارسال المغناطيسي والطائرة الأمامية تحمل ملف الاستلام المغناطيسي تفصل بينهما مسافة ثابته تقريبا قدرها ٣٠٠ متر ، في هذا النظام نحصل على تغلغل كبير للمغناطيسية في الصخور والتكوينات تحت سطحية. شكل رقم (٢٤) يوضح طريقة ترتيب وعمل هذه الطريقة.




شكل رقم(٢٤) مخطط يوضح طريقة ربط واستخدام أجهزة المسح الجوي الإقليمي للطريقة الالكترومغناطيسية باستخدام أجهزة إرسال مغناطيسي ثابت.

النتائج المستحصلة من المسح الجوي الاقليمي هي عبارة عن خرائط كنتورية تسمى iso-Electromagnetic Map ممكن ان تحتوي على مناطق ذات شواذ مغناطيسية عالية يتم تحديدها وتعيين مواقعها تمهيداً لإجراء دراسات تفصيلية عليها في المراحل اللاحقة كما في الشكل(٢٥).




شكل رقم (٢٥) يوضح خريطة الشواذ الالكترومغناطيسية
المصدر Kearey and Brook, 1984 p.240

### ج- طريقه الاستنشاق الهوائي Air Sniffing Device

يعتمد نظام الاستنشاق الهوائي على طريقة سحب الهواء الجوي بواسطة أجهزة متخصصة معدة لهذا الغرض ثم يتم إمرار الهواء على فلتر او متحسس ، هذا المتحسس يعتمد على إعطاء إشارة عند حصول انبعاث الغازات او الجزيئات من داخل سطح الأرض الى الخارج مثل بخار الزئبق ، غاز ثاني اكسيد الكبريت $SO_2$ وغاز الرادون المشع $Rn^{+226}$ الذي تدل على وجود ترسبات معدنية تحتوي على مركبات هذه الغازات تحت سطح الأرض يمكن تحديد مواقعها وامتداداتها على الخرائط الجيولوجية او الطبوغرافية الإقليمية.

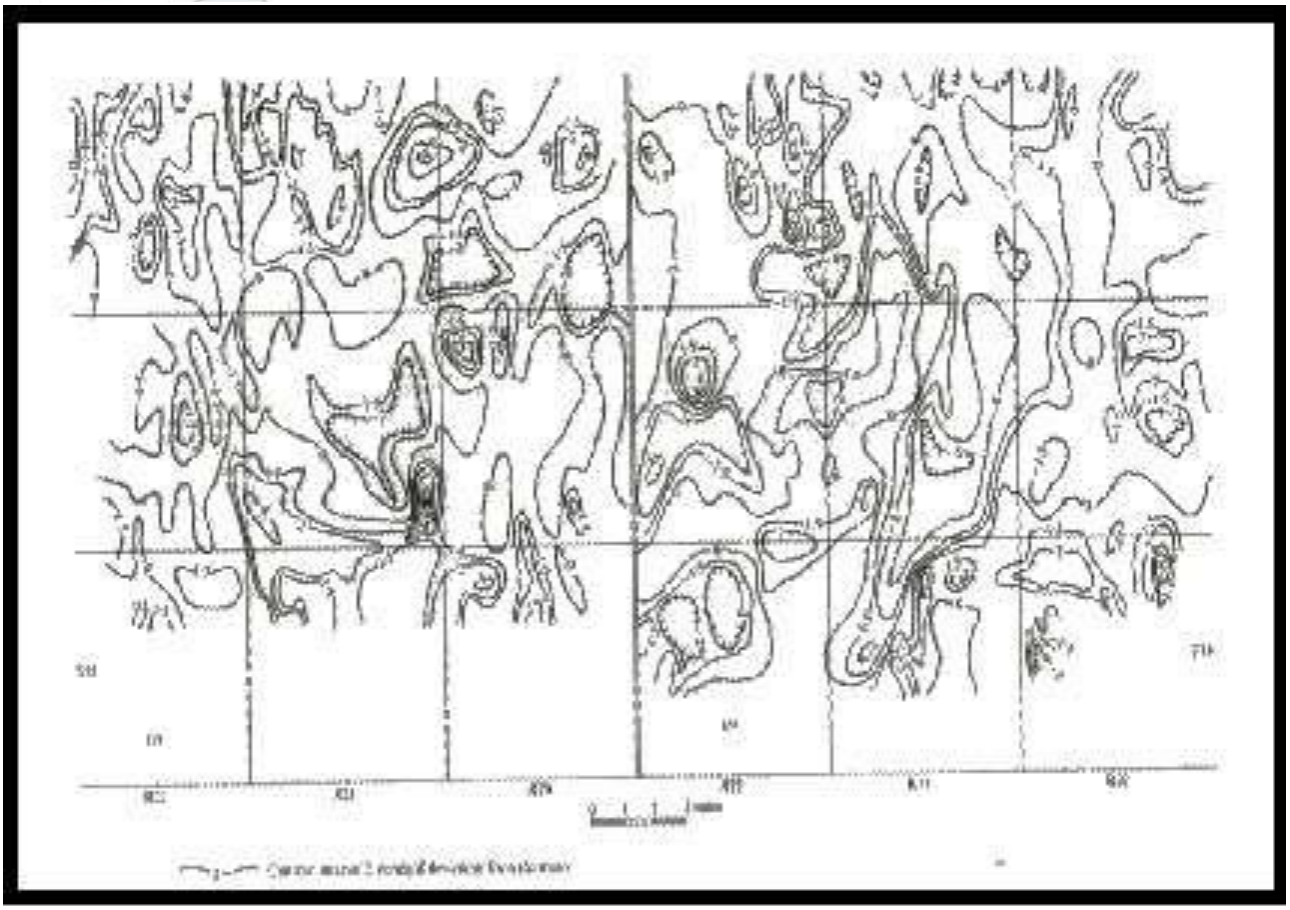
### د- الطريقة الإشعاعية Radioactive Method

تعتمد هذه الطريقة على استخدام أو استكشاف النشاط الإشعاعي لبعض العناصر وخاصة اليورانيوم في البحث والتنقيب عن المواد المشعة. إن ذرات العناصر المشعة واهمها اليورانيوم U ، الثوريوم Th والبوتاسيوم K ، تمتلك خاصية التحلل التلقائي وتحولها الى عناصر اخرى من خلال اشعاعها طاقة إما على شكل جسيمات (أشعة $\alpha$ واشعة $\beta$) او على شكل أشعة مغناطيسية ( أشعة $\gamma$).

تعتبر اشعه جاما أهم أنواع الإشعاعات التي تطلقها المواد المشعة كونها تؤين الوسط الذي تسير فيه ولها قابلية نفاذ عالية من خلال المواد حيث يمكن إيقاف هذه الأشعة من خلال سطح من الصخور سمكه ( ٥٠ سم) او بواسطه طبقة من الرصاص سمكها (١٠سم).

ان الهدف من طريقة التحري والتنقيب عن المواد المشعة هي تحسس واكتشاف أشعة جاما وذلك لأنها امواج كهرومغناطيسية لها طول موجي قصير وترددات عالية جداً تسير مسافة طويلة في الهواء او في بعض الأوساط الاخرى ، هذه الخاصية أعطت سهولة في الكشف عن الخامات المشعة باستخدام الطائرات وعمليات المسح الجوي ، تستخدم أجهزة خاصة في المسح الاشعاعي تسمى العداد الوميضي Scintillation Counter حيث تحتوي هذه الأجهزة على بلورات خاصة تولد ومضة ضوئية عند سقوط أشعة جاما عليها تتناسب طردياً مع شدة الأشعة الساقطة عليها.

الأجهزة المستخدمة في المسح الجوي تكون كبيره وثقيلة نسبيا لغرض تحسس الاشعاعات البسيطة ويتم تسجيل النتائج على شكل شريط او على اقراص رقمية تدخل الى الحاسبات مباشرة التي تقوم برسم خرائط كنتورية للمناطق المستهدفة لعمليات التحري الاشعاعي حيث يتم تحديد وتعيين الاماكن والمناطق ذات الشواهد والشذوذ الاشعاعي Isorad Map ( شكل رقم٢٦ ).



شكل (٢٦) خريطة الشذوذ الإشعاعي الإقليمي

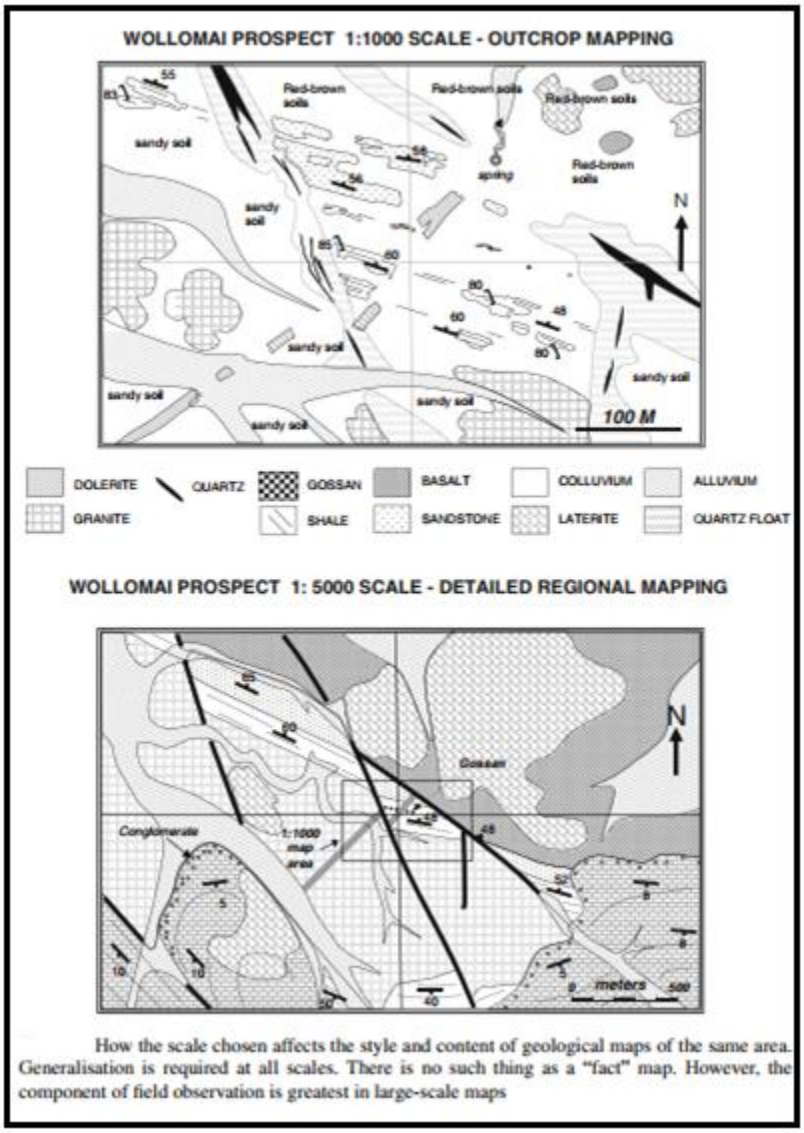
- **٣ -دراسة الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية Topographic and Geological Map Studying**

إن استخدام الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية المعدة مسبقاً والمتوفرة من دراسات حقلية سابقة إحدى الوسائل المهمة التي يعتمد عليها كثيراً في عمليات الاستكشاف التعديني الإقليمي ، أهم الخرائط المستخدمة هي التي تكون مقياس يتراوح من (1:25000 to 1:250000).

إن مقياس رسم الخرائط المختارة يعتمد بصوره كبيرة على طبيعة تواجد وامتداد الترسبات والتراكيب الجيولوجية وكذلك على مرحلة الاستكشاف المعدني ان كانت تفصيلية او استطلاعية. مثال على ذلك اذا كان الاستكشاف المعدني يجري في مناطق منبسطة سهلة تقريباً وواسعة يفضل استخدام مقياس رسم (1:100000) في حين الاستكشاف المعدني في المناطق الجبلية يفضل استخدام مقياس رسم (1:25000) بغرض إجراء تغطية تفصيلية لمنطقة الدراسة. شكل(٢٧)

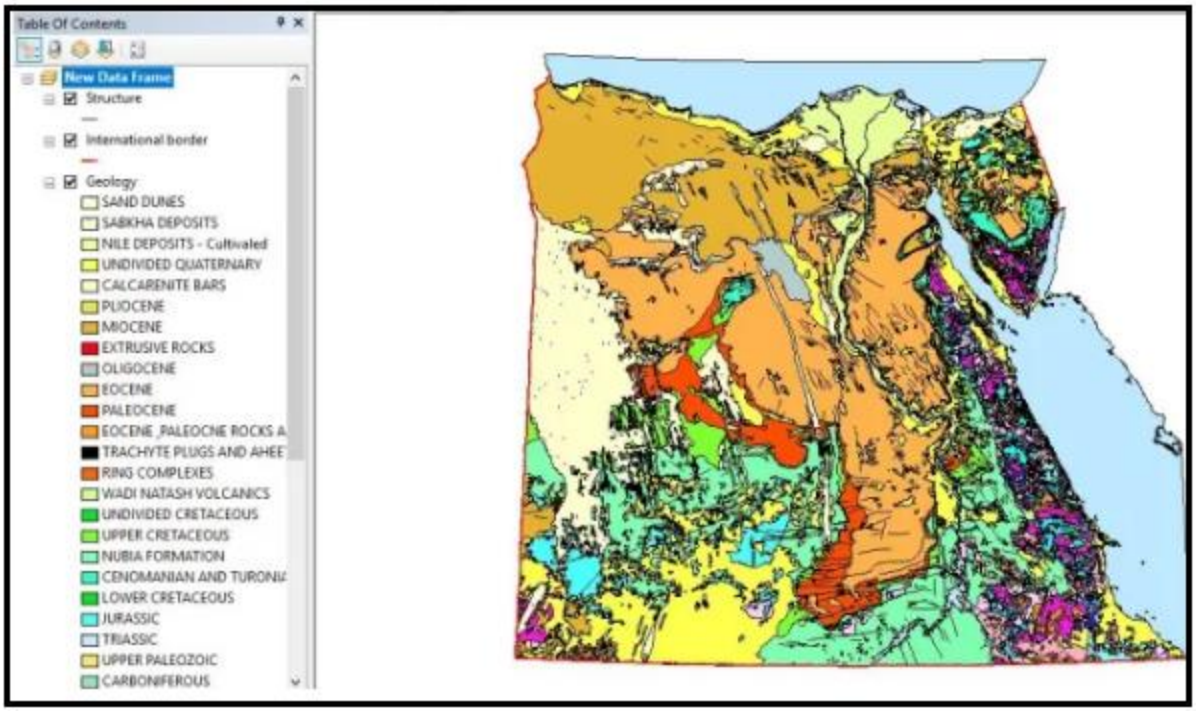
في المراحل الأولية من عملية الاستكشاف التعديني الاستطلاعي حيث تكون المناطق المستهدفة بالدراسة واسعة جداً ولغرض ضمان تغطية شاملة لهذه المناطق يفضل استخدام خريطة بمقياس (1:100000)

اما في المراحل اللاحقة من عملية الاستكشاف التعديني التي تكون تفصيلية أكثر يجب استخدام خرائط من مقياس رسم صغير (1:20000) لغرض عرض وتوضيح التفاصيل الدقيقة للمكونات الجيولوجية المدروسة. بعض الترسبات المعقدة تحتاج الى خريطة بمقياس اصغر لغرض دراسة وتوضيح التفاصيل الدقيقة لهذه الترسبات ( شكل رقم ٢٨-٢٩) يمثل خرائط مصر الجيولوجية الإقليمية التي تعتبر الأساس في دراسة التكوينات والتركيب جيولوجية التفصيلية.

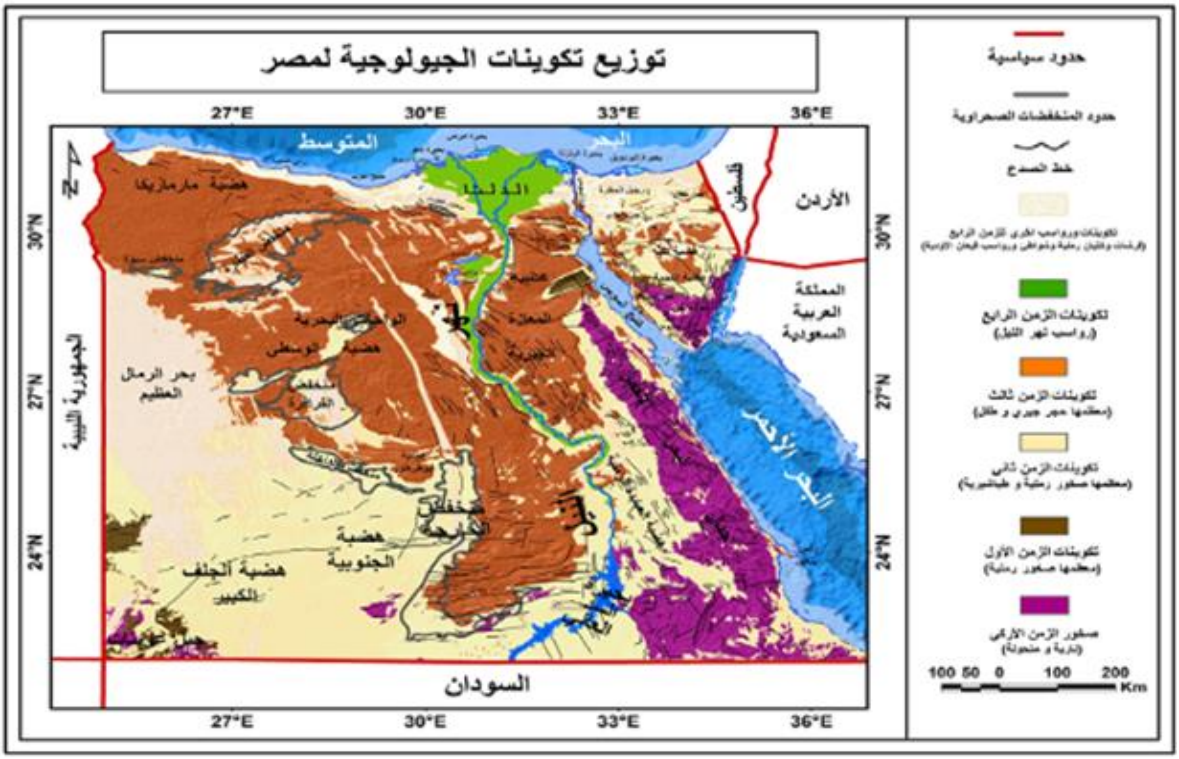



شكل (٢٧) توضح مدي تأثير اختيار مقياس الرسم

المصدر: Geological Methods In Mineral Exploration And Mining,Roger Marjoribanks, Second Edition,2010[٨].




خريطة (٢٨) خريطة مصر الجيولوجية باستخدام GIS




خريطة (٢٩) تمثل جيولوجية جمهورية مصر العربية

- **ثانياً : المسح والتنقيب الجيولوجي الأرضي**

## Surface Investigation and Geological Survey

ان مرحلة المسح والتنقيب الأرضي الجيولوجي المرحلة الثانية الأكثر أهمية في سلسلة مراحل العمل الاستكشافي الجيولوجي والتي تعقب مرحلة المسح الجيولوجي الإقليمي. يتم استخدام والاستفادة من المعلومات والدراسات المتوفرة من المرحلة الأولى والتي أعطت مؤشر ايجابي على وجود تواجدات لترسبات معدنية او تراكيب جيولوجية مشجعة بعد ان تم تحديد اماكن تواجدها وامتداداتها عندئذ تظهر الحاجة الى ضرورة اجراء المزيد من الدراسات الجيولوجية الحقلية وأعمال التحري والتنقيب الأرضي لغرض التحقق من نتائج وتوصيات مرحلة المسح الاقليمي . إن دراسة توصيات المرحلة الأولى تفصيلياً والتحقق منها موقعياً على الأرض مباشرة ، يتم ذلك باستخدام وتطبيق تقنيات مختلفة وأسلوب عمل أكثر دقة وتفصيل ، حيث يتم توظيف الخصائص الفيزيائية، الكيميائية والبيولوجية بالإضافة الى استحصال النماذج اللبابية او الخندقية التي تعطي إمكانية التعرف عن قرب على المكونات المعدنية للترسبات المعدنية ،خصائصها ومميزاتها إضافة الى وصف وتحديد التكوينات الجيولوجية الأخرى الموجودة في المنطقة . تشمل هذه المرحلة على عدة أعمال ودراسات متعاقبة هي:

### وصف التراكيب والتكوينات الجيولوجية والترسبات المعدنية Structural Description

من اهم الأعمال التي يقوم بها الجيولوجي المكلف بتنفيذ أعمال هذه المرحلة من عمليات الاستكشاف المعدني هي تحديد اماكن تواجد الشواهد والتراكيب الجيولوجية مع الشواذ التي تدل على وجود ترسبات معدنية علي خرائط جيولوجية حقلية .

تتضمن مرحلة المسح والتنقيب الجيولوجي الأرضي عدة عمليات جيولوجية وطرق قياس حقلية مختلفة مع دراسات عديدة يقوم بها الجيولوجي التطبيقي المختص او القائم بهذه الأعمال بعضها يسير بصورة متوازية بعضها مع البعض ، والقسم الآخر من هذه العمليات الجيولوجية تكمل بعضها البعض وتسير بصورة متعاقبة ومتسلسلة هذه الطرق الجيولوجية هي :-

### المسح والتنقيب الارضي Surface Investigation

١- المسح الجيوكيميائي الأرضي.

٢- المسح الجيوفيزيائي الأرضي.

### ١- المسح الجيوكميائي الأرضي Geochemical Surface Survey

يعتبر المسح الجيوكيميائي الأرضي وسيلة مهمة من وسائل الاستكشاف المعدني ، ومن الممكن إجراء المسح والتنقيب الجيوكيميائي علي نطاق إقليمي أو محلي تفصيلي.

**أهم طرق المسح والاستكشاف الجيوكيميائي المستخدمة في عمليات الاستكشاف التعديني هي :-**

- الاستكشاف باستخدام نماذج صخرية Lithogeohemical Survey (Rock Samples)
- الاستكشاف باستخدام نماذج التربة Pedogeochemical Survey (Soil Samples )

- الاستكشاف باستخدام نماذج مياه الطبيعية

Hydrogeochemical Survey (Water Samples)

- الاستكشاف باستخدام نماذج رسوبيات جداول وتصريف المياه Drainage Sediments Samples
- الاستكشاف باستخدام نماذج الغازات والغبار

Atmogeochemical Survey (Gases And Dust Particles)

- الاستكشاف باستخدام نماذج النباتات

Biogeochemical And Geobotanical Survey (Plants Samples)

## ٢- المسح الجيوفيزيائي الأرضي Geophysical Surface Survey

يعرف علم الجيوفيزياء بأنه العلم الذي يطبق المفاهيم والقوانين الفيزيائية في دراسة الأرض. التكوينات الجيولوجية والترسبات المعدنية المختلفة تمتلك صفات وخصائص فيزيائية خاصة بها تميزها عن غيرها مثل (الحساسية المغناطيسية Magnetic Susceptibility والتوصيلية الكهربائية Electric Conductivity والكثافة Density ،....الخ ).

إن امتلاك الصخور والمعادن لهذه الصفات يعتمد بالدرجة الأساس على أصل نشوء وتكوين هذه المكونات الجيولوجية بالإضافة الى الظروف التركيبية والتكتونية.

إن اكتشاف وتسجيل التغيرات في الصفات الفيزيائية المختلفة تعكس وجود تغيرات في نوع وطبيعة المكونات الجيولوجية تحت سطح الأرض وبالتالي يمكن تمييزها عن الصخور المحيطة بها ، مما يتيح إمكانية اختزال وعزل المناطق ذات الشواهد الطبيعية عن المناطق التي تمتلك تغايرات في الصفات الفيزيائية التي من الممكن ان تحتوي على شواهد معدنية أو تراكيب جيولوجية ، هذه المناطق تشجع على المزيد من الدراسات التفصيلية اللاحقة لغرض التحقق من أصل نشوء وتواجد هذه الشواهد.

### ➢ الهدف من المسح الجيوفيزيائي الأرضي

إن طرق الاستكشاف الجيوفيزيائية تعتبر من الطرق الغير مباشرة لا يمكن الاستدلال بواسطتها على ترسبات معدنية بصورة قاطعة ومباشرة ولا يمكن ان تكشف عن الغموض الذي يرافق النتائج المستحصلة من القياسات الحقلية بمعرفة ما هو موجود تحت سطح الارض وإنما هدفها هو عزل المناطق المشجعة التي تعطي شواهد ومتغايرات فيزيائية ومن ثم يتم إجراء وتوجيه أعمال المسح التفصيلي نحو هذه المناطق للتحقق من طبيعة هذه الشواهد الفيزيائية.

### ➢ طرق المسح الجيوفيزيائي تنقسم الى قسمين :-

### أ- طرق المسح الجيوفيزيائي المؤثرة Passive Method

وهي الطرق التي تستخدم المجال الأرضي الطبيعي (المجال الجاذبي ، المجال المغناطيسي) مثل الطريقة الجاذبية وطريقه المغناطيسية والطريقة الإشعاعية والطريقة الكهربائية.

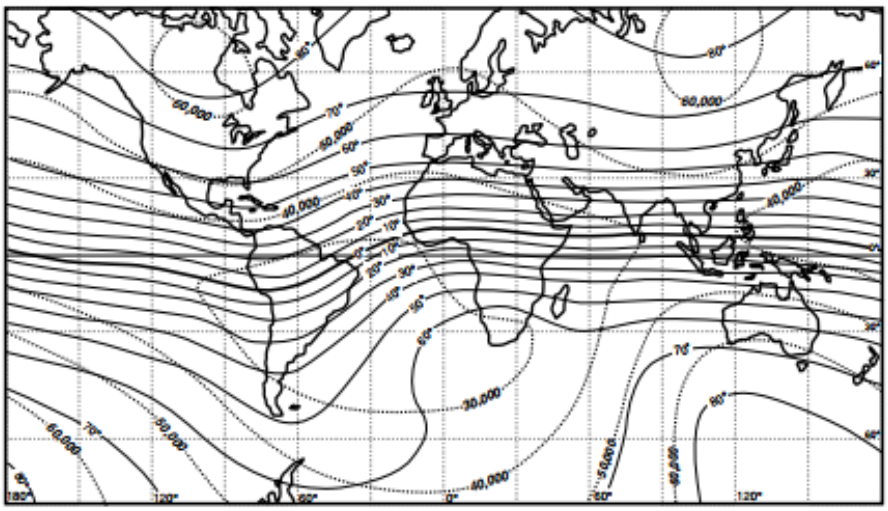
**ب- طرق المسح الجيوفيزيائي الفعالة Active Method**

وهي الطرق التي تستخدم الاشارات الاصطناعية التي ترسل في الهواء، هذه الاشارات تمر وتنفذ في الصخور تحت سطح الارض حيث يحصل لها تشويه ممكن ان يتم تسجيلها وتحسس هذا التشويه والاختلاف مثل طريقة VL, AFMAG.

من الصفات الفيزيائية للصخور والتي استخدمت بصورة كبيرة في عمليات الاستكشاف الجيوفيزيائي هي خاصية المرونة Elasticity ، الكثافة Density الحساسية المغناطيسية Magnetic Susceptibility شكل(٣٠) ، والمقاومية الكهربائية Electric Resistivity أو احيانا التوصيلية الكهربائية Electric Conductivity النشاط الاشعاعي Radioactivity هذه الخواص ساعدت في ابتكار وتطوير طرق الاستكشاف الجيوفيزيائي وتعيين السطوح الفاصلة بين التكوينات الصخرية أو تعيين الحدود الفاصلة بين أي وسطين يختلفان في الصفات الفيزيائية.

**اهم طرق المسح الجيوفيزيائي المستخدمة في مجال استكشاف المعدني**

- الطريقة الزلزالية Seismic Method
- الطريقة الجاذبية Gravity Method
- الطريقة الكهربائية Electrical Method
- الطريقة المغناطيسية Magnetic Method
- الطريقة الالكترومغناطيسية Electromagnetic Method
- الطريقة الإشعاعية Radioactive Method.



The Earth's magnetic field. Solid lines are contours of constant dip, dashed lines are contours of constant total field strength (in nT).

شكل (٣٠) يوضح مجال الجاذبية العالمية

## • ثالثاً: حفر الآبار الاستكشافية Scout Drilling

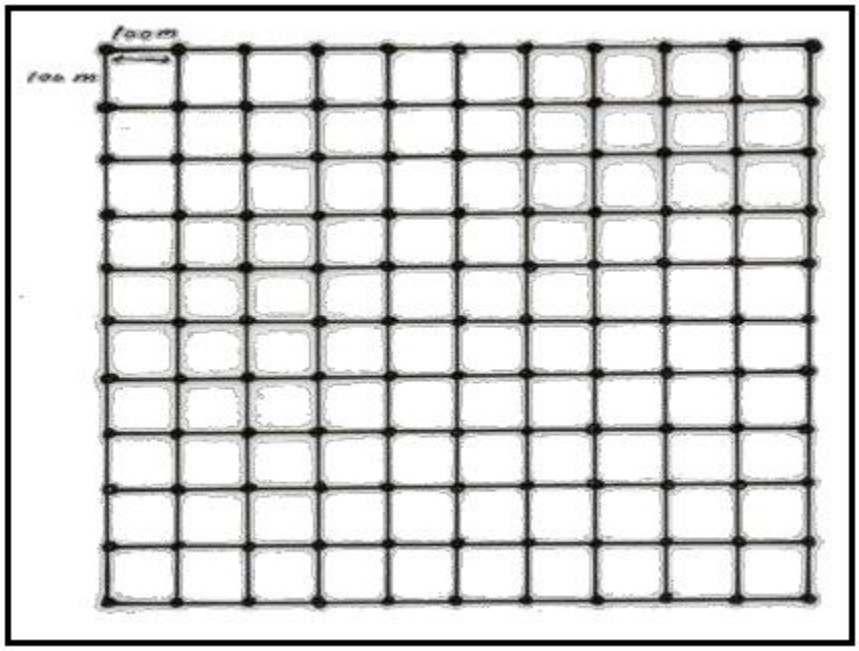
تعتبر مرحلة حفر الآبار الاستكشافية هي الحد الفاصل والمرحلة المهمة في سلسلة عمليات الاستكشاف التعديني التحت سطحي ، التي يتم من خلالها الحصول علي نماذج لبابية من الأماكن المنتخبة التي تم تحديدها مسبقاً علي ضوء الاستنتاجات والتوصيات من الدراسة في المراحل السابقة في اختيار أماكن حفر آبار استكشافية.

ولكي يتم الحصول علي أكبر قدر من المعلومات والنتائج من عمليات حفر الآبار الاستكشافية يجب أن تتم التوصية بضرورة الحفر اللبابي لكامل المقطع الطبقي لإجراء دراسة جيوهندسية للعمود الطبقي لتوفير معلومات هندسية واضحة تستخدم عند إجراء دراسة تصميم المنجم وتصميم الأنفاق المنجمية واتجاهاتها وأسلوب الإسناد والتدعيم إن وجد.

يجب ان يكون هنالك نظام نمذجة دقيق وتفصيلي لغرض الحصول علي أعلي درجات الموثوقية العالية في النتائج التي تستخدم دائماً عند إجراء دراسات تقييم الترسبات المعدنية والدراسات الجيوهندسية.

إن توزيع شبكة حفر الآبار الاستكشافية الأولية وتحديد أماكن حفر هذه الآبار(شكل رقم٣١) يعتبر ذا أهمية كبيرة جداً في توجيه الدراسات المستقبلية بالإضافة الي وضع خطط التوسع في المراحل اللاحقة في الدراسات المنجمية وبرامج النمذجة والحفر لغرض زيادة الدقة والموثوقية في النتائج المستحصلة في المراحل الأولي بالإضافة الي أنها تساعد كثيراً علي وضع برنامج تفصيلي للدراسة وتحليل المعلومات.

ومن أجل ذلك وللحصول علي درجة موثوقية عالية كان لزاماً التفكير في معرفة واستخدام التقنيات المساحية الحديثة وتطبيقاتها وكيفية الاستفادة منها في جميع مراحل الاستكشاف التعديني.



شكل (٣١) شبكة حفر الآبار الاستكشافية

# الفصل الثالث : التقنيات المساحية الحديثة واستخداماتها في الاستكشاف التعديني

## مُقَدِمة

إن الأجهزة المساحية قد تطورت في النصف الثاني من القرن العشرين الميلادي بصورة سريعة فقد تم ابتكار أجهزة قياس المسافات الكترونياً EDM لتصبح بديلاً دقيقاً وسريعاً عن الشريط في قياس المسافات ، ثم تم ابتكار أجهزة الثيودوليت الرقمي التي زادت من دقة قياس الزوايا الأفقية والرأسية وتجاوزت أخطاء الراصد في تسجيل القياسات يدوياً ، ثم تلا ذلك ابتكار أجهزة المحطة الشاملة ، وحديثاً تم دمج جهاز المحطة الشاملة مع جهاز النظام العالمي لتحديد المواقع بالرصد على الأقمار الصناعية GPS لدمج تقنيتي المساحة الأرضية والمساحة الفضائية معاً [٩]. وكذلك ابتكار أجهزة نظم الخرائط المحمولة (MMS) والطائرات بدون طيار(UAVs) والمسح بالليزر المحمول جواً (ALS) مع التطور الرائع في استخدام تقنيتي .GIS - RS.

### أجهزة المحطة الشاملة Total Stations

يعد جهاز المحطة الشاملة او المحطة المتكاملة Total Station أكثر الأجهزة المساحية استخداما وتكاملاً ودقة في الوقت الراهن حتى انه يمكن القول انه قد حل محل جهاز الثيودوليت سواء البصري او الرقمي. يدل اسم الجهاز على انه يشمل داخله عدد من الأجهزة والامكانيات في اطار متكامل كجهاز واحد. شكل(٣٢-٣٣)

شكل (٣٢) تطور الأجهزة المساحية

### مكونات جهاز Total Station

يتكون جهاز Total Station من مجموعة من الأجهزة ( تم جمعها في إطار واحد) تشمل :

١. جهاز ثيودليت رقمي.

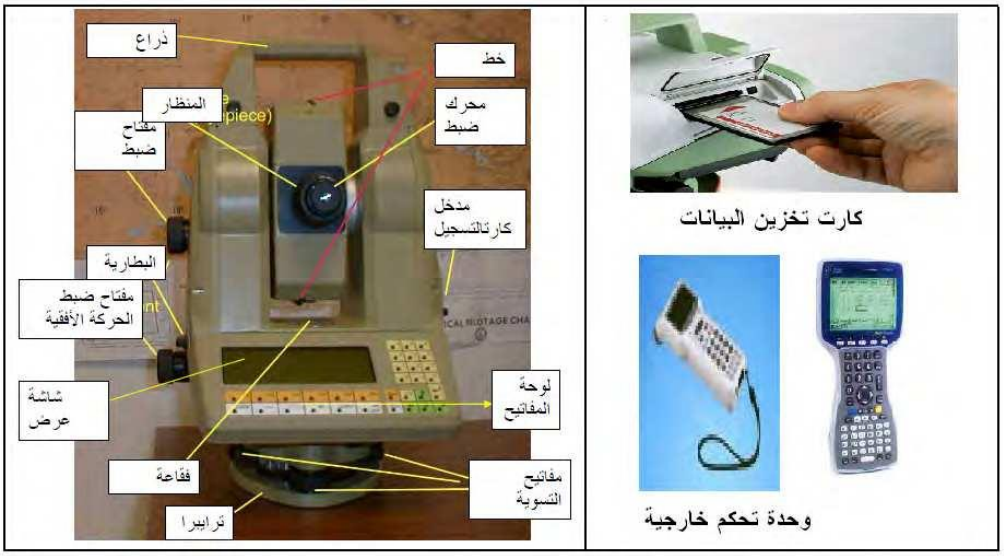
٢. جهاز قياس المسافة الكترونياً EDM.

٣. ذاكرة الكترونية لتسجيل القياسات.

٤. وحدة كمبيوتر Micro-Processor لتشغيل البرامج الحسابية.

٥. أجهزة ملحقة مثل البطارية ومجموعة العواكس والحامل الثلاثي وكابل التوصيل بالكمبيوتر. شكل(٣٤)

شكل ( ٣٣) يوضح نماذج ( Total Stations ( Topcon – Sokkia- Trimble




شكل (٣٤) مثال لمكونات جهاز Total Station

## مميزات ومواصفات أجهزة Total Station

١. الدقة في قياس الزوايا الأفقية والرأسية ( قد تصل الي جزء من الثانية).
٢. الدقة في قياس المسافات ( تصل الي دقة ملليمترات).
٣. الرصد لمسافات بعيدة (تتعدي كيلومترات).
٤. منظار له قوة تكبير عالية لإمكانية رصد المعالم البعيدة.

٥. تسمح وحدة الكمبيوتر بأداء الحسابات في الموقع والحصول علي الإحداثيات آنياً.
٦. إمكانية قياس المسافات بدون عاكس (بالليزر) لعدة مئات من الأمتار.
٧. سرعة في قياس المسافات الكترونياً (ثانية واحدة أو أقل).
٨. التحقق من أخطاء ضبط افقية الجهاز وتعديلها.
٩. البطارية تمد الجهاز بالطاقة اللازمة لعده ساعات.
١٠. نظام تشغيل مثل النوافذ windows لسهولة العمل.
١١. ذاكرة تخزين كبيرة لتخزين القياسات بالجهاز (ذاكرة داخلية وكارت تخزين).
١٢. بعض الأجهزة تسمح بتوصيل وحده تحكم خارجية Control Unit أو وحدة تجميع البيانات Data Collector لسهولة العمل.
١٣. سهولة نقل البيانات للكمبيوتر(من خلال كابل أو وحدة بلوتوث).
١٤. القدرة على تحمل ظروف الطقس المختلفة في الموقع (حتى تصل الى ٥٠ درجه مئوية).
١٥. بعض الأجهزة بها كاميرا رقمية داخلية لتصوير مواقع الرصد كنوع من انواع توثيق بيانات المشروع.
١٦. صغر الحجم وخفه الوزن مما يسهل التنقل بها بين المواقع المختلفة.

## أنواع متقدمة من أجهزة Total Station

تقدمت تقنيات إنتاج المحطات الشاملة في السنوات الأخيرة لتظهر انواع متقدمة من الأجهزة تناسب تطبيقات الرفع المساحي في مجالات متعددة من المشروعات الهندسية ومن هذه الأجيال الحديثة من المحطة الشاملة ما يلي:

### ▪ المحطة الشاملة المتحركة Motorized or Robotic Total Station

تقليدياً كان الراصد هو الذي يقف بجوار جهاز المساحة ويقوم بالرصد والتسجيل للقراءات بينما المساعد هو الذي يحمل الشاخص (أو العاكس) ويتحرك من نقطه لأخرى. مع ابتكار أجهزة قياس المسافات الكترونياً EDM زادت المسافة بين الراصد ومساعده (المسافة بين الجهاز والعاكس) حتى وصلت الى عدة كيلومترات مما جعل التواصل بينهما يتطلب وجود أجهزة راديو لاسلكي مع كلاً منهما. هذا المبدأ هو اساس تطوير المحطات الشاملة المتحركة Motorized or Robotic Total Station وهو جهاز محطة شاملة مركب على قاعدة متحركة بموتور داخلي بحيث ان الجهاز يستطيع الدوران حول نفسه افقياً ٣٦٠ درجة كاملة (مع ضمان بقائه في الوضع الافقي الدقيق من خلال الموازن الداخلي به Compensator.

تتم حركة الجهاز من خلال وحده التحكم Control Unit متصلة لاسلكياً بالمحطة الشاملة ذاتها. هذه الوحدة تكون مع الراصد ومن خلالها يمكنه التحكم في المحطة الشاملة ذاتها حتى ان كان يبعد عنه كيلومترات. تعتمد هذه التقنية على مبدأ (التعرف الآلي على الهدف Automatic Target Recognition أو اختصاراً ATR ، وهو امكانية ان يتعرف جهاز المحطة الشاملة اثناء دورانه على الهدف (العاكس) ويحدد موقعه. بالتالي أصبح الراصد هو من يحمل العاكس ويتحكم في الجهاز ويقوم بعملية الرصد وتسجيل القياسات آلياً. بهذا أصبح العمل الحقلي أسرع في التنفيذ مما يقلل من تكلفة أعمال الرفع المساحي الميداني. شكل(٣٥) يمكن تمييز جهاز المحطة الشاملة المتحركة من خلال راديو الاستقبال اللاسلكي المثبت اعلاه [١٠].

شكل (٣٥) أجهزة المحطة الشاملة المتحركة Motorized Total Station

## ▪ المحطة الشاملة بالمسح الليزري الأرضي Total Station Laser (TLS) Scanning

يتطلب الرفع المساحي الطبوغرافي تحديد احداثيات النقاط (X,Y,Z) بسرعة ودقة للعديد من المشروعات الهندسية، وربما يتجاوز عدد النقاط المطلوب رصدها المئات في مشروع واحد. فعلى سبيل المثال ان كان هناك مشروع هندسي لقطع جزء من جبل صخري وعلى مهندس (اخصائي) المساحة ان يتابع العمل لتحديد كمية الأحجار المقطوعة. في هذا المثال سيقوم الراصد بتحديد احداثيات مئات من النقاط (على هذا الجبل) لرسم خريطة كنتورية او سطح مجسم له قبل بدء أعمال الحفر ثم سيقوم بإعادة هذا الرفع الطبوغرافي مرة أخرى كل فترة زمنية لحساب حجم جزء الجبل الذي تم حفره.

باستخدام المحطة الشاملة العادية فان هذا الرفع المساحي سيستغرق وقتاً طويلاً في كل مرة. تم ابتكار جهاز المحطة الشاملة بالمسح الليزري Total Station laser scanning بحيث أن جهاز الليزر (الذي يقوم بقياس المسافة اوتوماتيكياً ومن ثم يحسب احداثيات نقطة الرصد) يستطيع الحركة افقياً وراسياً بصوره آلية. أي ان الراصد يبدأ بتحديد مجال الرؤية الذي يريد رفع معالمه مساحياً (الأركان الاربعة) كما يحدد المسافة المطلوبة للقياس بين كل نقطتين متتاليتين. يبدأ الجهاز في الرفع المساحي بالليزر آلياً وبصورة مستمرة حتى يكتمل رفع جميع المعالم في مجال الرؤية المحدد ، ويتم تخزين هذه القياسات آلياً في ذاكرة الجهاز. هذا النوع من المحطات الشاملة يعتمد على مبدأ ان الموجه المرسلة من الجهاز ستنعكس عند اصطدامها بأي هدف اي لا يستخدم عاكس مع هذا الجهاز مما يجعله مناسبا للرفع المساحي للمعالم التي لا يمكن الوصول اليها. وبهذا فان ناتج المسح الليزري سيكون مجسم ثلاثي الابعاد (X,Y,Z) للمعالم المستهدفة.

يسير المسح التعديني في المناجم المفتوحة وكذلك تحت الأرض جنبًا إلى جنب مع المسح الأرضي بالليزر. وبتنفيذه يتم التأكد من التغيرات المكانية لأعمال التعدين. وكذلك المسح بالليزر الأرضي هو أنسب طرق المسح لرصد الحركات والتشوهات.

يمكن استخدام المسح الأرضي بالليزر في مجموعة واسعة من التطبيقات. شكل (٣٦) ويشمل:

١. رصد وتوثيق عملية التعدين تحت الأرض.
٢. تقدم العمل وصحة العمال وكذلك السلامة في مواقع التعدين.

٣. حسابات الحجوم.

٤. تقديم أدلة تكميلية في حالة وقوع أي حوادث مؤسفة.

٥. المساعدة في أمن وحماية مواقع التعدين، إلخ.

وبالتالي، فإن المسح بالليزر له أهمية كبري في عمليات التعدين [١١].

شكل(٣٦) أجهزة المحطة الشاملة بالمسح الليزري الأرضي TLS

**المميزات الرئيسية لتقنية TLS**

يمكن إجراء المسح القائم على تقنية الليزر (تضخيم الضوء عن طريق الانبعاث المحفز للإشعاع) بثلاث طرق، مثل الأقمار الصناعية، وأجهزة الليزر المحمولة جواً، وأجهزة الليزر الأرضية.

TLS هي طريقة مسح أرضية للحصول على بيانات ثلاثية الأبعاد. ينبعث ضوء الليزر من وحدة الليزر المدمجة بالجهاز لالتقاط البيانات المكانية. يتم إنشاء ملايين النقاط للحصول على الشكل الدقيق وموضع الأهداف في شكل إحداثيات (X,Y,Z).

TLS هي عبارة عن معدات مسح حديثة تستخدم للقياس الدقيق لمعالم السطح. تُستخدم أشعة الليزر للقياس، وبالتالي تصل دقة القياس إلى المليمتر.

إن ضعف الرؤية بسبب الطقس الضبابي ووجود الغبار هو أمر شائع في مواقع التعدين والمسح ، في ظل هذه الظروف هو أحد نقاط القوة الهامة لأجهزة المسح بالليزر. شكل(٣٧)

توفر تقنية TLS وهي أداة مسح حديثة عالية الدقة، توثيقًا بيانيًا وتصورًا ثلاثي الأبعاد للمراقبة الميدانية. نظرًا لأنه يولد كمية كبيرة من السحب النقطية ، يمكن تحديد المظهر الجانبي الدقيق للسطح. تعتمد كثافة سحابة النقاط على المسافة بين الجهاز والمنطقة المراد مسحها ضوئيًا. اعتمادًا على هدف الدراسة ، يمكن التحكم في كثافة سحابة النقاط حيث تتوفر تلك الإمكانية في الأجهزة المستخدمة [١٢].

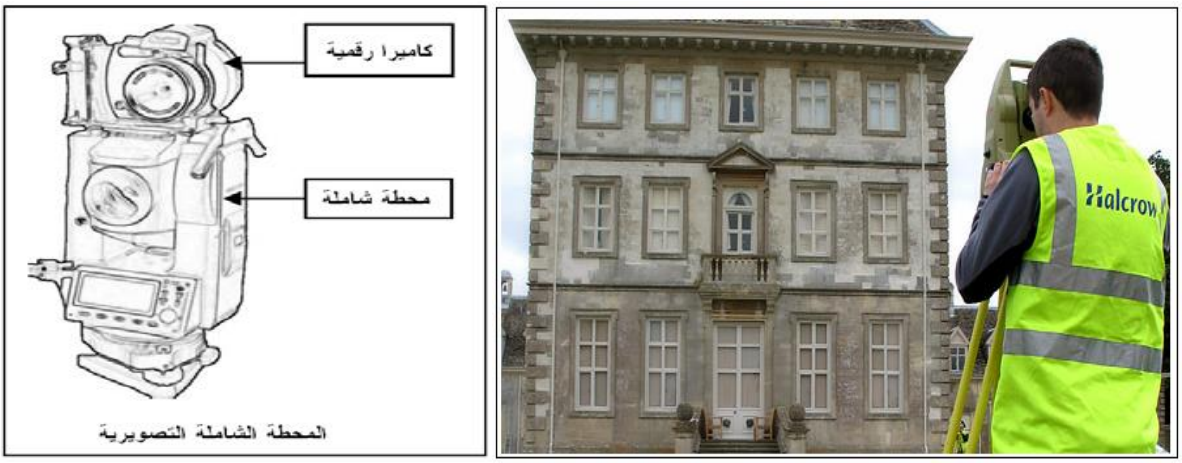
شكل (٣٧) أمثلة لأجهزة TLS تعمل في المناجم المفتوحة وتحت السطح

- **المحطة الشاملة التصويرية Photogrammetric Total Station**

تتكون أجهزة نظم المحطة الشاملة التصويرية Photogrammetric Total Station Systems (PTTS) لإنتاج جهاز يعتمد على التكامل بين تقنيتي المسح الأرضي والمساحة التصويرية الأرضية.

تعد تقنية المساحة التصويرية الأرضية Close-Range Photogrammetry من التقنيات المساحية التي تمكن من تحديد المواقع (الاحداثيات) من خلال صورة فوتوغرافية عالية الدقة سواءً كانت صورة تقليدية (مطبوعة) أو صورة رقمية.

تستخدم المحطة الشاملة التصويرية في تطبيقات عديدة مثل تقديرات كميات الحفر و الردم في المشروعات الهندسية وكذلك أعمال الرفع الطبوغرافي وانشاء الخرائط الكنتورية للمناطق الشاسعة ويمكن استخدامه في اعمال الاستكشاف التعديني وخاصة في مرحلة الاستكشاف التفصيلي حيث يتميز بتخفيض مدة وتكلفة العمل الحقلي. شكل(٣٨)




شكل (٣٨) المحطة الشاملة التصويرية

## ▪ المحطة الشاملة الجيرو Gyro Total Station

في هذا النوع من أجهزة المحطات الشاملة يوجد جهاز جيرو مركب على المحطة الشاملة يمكنه قياس الانحراف Azimuth في أي مكان وخاصة تحت سطح الأرض ومن ثم فان هذه النوعية من المحطات الشاملة تستخدم في مشروعات الأنفاق والمناجم أو التطبيقات تحت الأرضية ومن امثلة هذه الأجهزة جهاز Sokkia Gyro X II ( شكل رقم ٣٩) التي يمكنها قياس الانحرافات بدقة ١٥" وقياس الزوايا بدقة ١" وقياس المسافات بالعاكس حتى ٢٥٠٠ متر بدقه ١.٥ *ملي* ±2 PPM.

شكل (٣٩) أمثلة للمحطة الشاملة الجيروGyro Total Station

## ▪ المحطة الشاملة مع Smart Station (GPS)

تعد هذه الأجهزة هي الأحدث في مجال العمل المساحي الأرضي حيث تقدم هذه النوعية من الأجهزة دمجاً بين جهازين المحطة الشاملة ومستقبل رسيفر للنظام العالمي لتحديد المواقع بالرصد على الأقمار الصناعية GNSS ومن هنا فان جهاز GPS يمكنه تجميع القياسات في المناطق المفتوحة او تثبيت نقاط تحكم معلومة ثم يمكن العمل بالمحطة الشاملة لأعمال الرفع المساحي التفصيلي خاصة في المناطق المغلقة (التي لا تتوفر بها اشارات الأقمار الصناعية). ومن امثلة هذه الأجهزة جهاز Leica Smart Station ، ومن ثم يعتبر هذا الجهاز مناسباً جداً في أعمال الاستكشاف التعديني وبخاصة في مرحلة الاستكشاف التفصيلي. شكل(٤٠)

شكل(٤٠) أمثلة لأجهزة Smart Station

## أجهزة Global Positioning System (GPS)

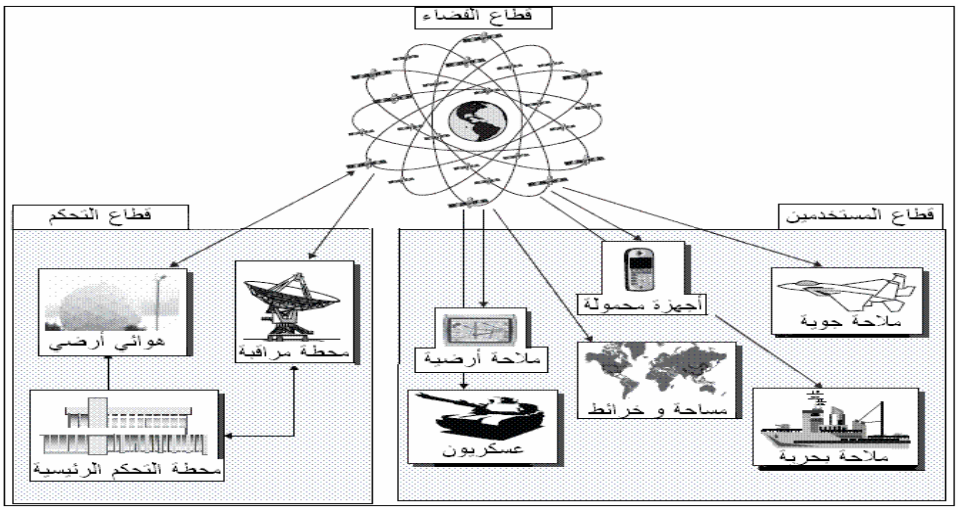
اصبحت هذه التقنية واحدة من أهم طرق الهندسة المساحية في العديد من التطبيقات والمشروعات . إذ توفر تقنية GPS العديد من المزايا مقارنة بأجهزة المساحة التقليدية وبالتالي يمكن استخدامها بشكل فعال في أعمال الاستكشاف التعديني حيث يمكن الحصول علي الإحداثيات آنياً وبسرعة فائقة وبدقة عالية.

### مُقَدِمة عن تقنية GPS

هو نظام لتحديد المواقع والملاحة وتحديد الزمن تم تصميمه ويدار بواسطة وزاره الدفاع الأمريكية. ويقدم هذا النظام العديد من المميزات التي جعلته التقنية الأساسية حول العالم في تجميع البيانات المكانية.

يتكون نظام GPS من ثلاثة أقسام وهي:

- قسم الفضاء ويحتوي علي الاقمار الصناعية Space Segment.
- قسم التحكم والسيطرة Control Segment .
- قسم المستقبلات الأرضية او المستخدمون User Segment. شكل(٤١)




شكل (٤١) يوضح مكونات نظام GPS

## أنواع أجهزة GPS

بصورة عامة يمكن تقسيم اجهزة GPS الى ثلاثة مجموعات اساسية

- **أجهزة ملاحية أو محمولة يدويا**

تعتمد هذه النوعية من الأجهزة على قياس المسافة بين الجهاز وعدد اربعة أقمار صناعية (على الأقل) في نفس اللحظة من خلال استقبال اشارات هذه الأقمار واستنباط المعلومات الموجودة بداخل شفرة كل قمر (طريقة القياس بالشفرة Code) ومن خلال تسجيل زمن وصول كل اشارة الى الجهاز ذاته ومعرفة زمن ارسال الإشارة من القمر الصناعي يمكن للجهاز حساب الزمن المستغرق للإشارة للوصول من القمر الى جهاز الاستقبال وبضرب هذه الفترة الزمنية في سرعة الضوء يمكن حساب المسافة بين القمر الصناعي وجهاز الاستقبال في هذه اللحظة (حيث أن المسافة = السرعة × الزمن ) وبمعرفة احداثيات موقع القمر الصناعي (الموجودة داخل الشفرة) للأقمار الأربعة يمكن حساب احداثيات جهاز الاستقبال ذاته (شكل٤٢ ).

شكل (٤٢) أمثلة لأجهزة GPS محمولة يدوياً

- **أجهزة مخصصة لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية GIS.**

تهدف هذه النوعية من الأجهزة الي تسهيل العمل الحقلي وتجميع البيانات سواء المكانية او غير المكانية للتطبيقات في مشروعات نظم المعلومات الجغرافية GIS. ومن ثم فأنها تتميز بوجود برامج GIS تسمح بتجميع وإدخال بيانات غير مكانية Attribute Data وبناء قاعدة المعلومات المكانية Geo Database على الجهاز في نفس وقت العمل الحقلي بحيث يتم بسهولة تصدير كلا نوعي البيانات بصورة او صيغة مناسبة لبرامج GIS. شكل (٤٣)

شكل (٤٣) أمثلة لأجهزة GPS لتطبيقات GIS

## ▪ أجهزة GPS الجيوديسية

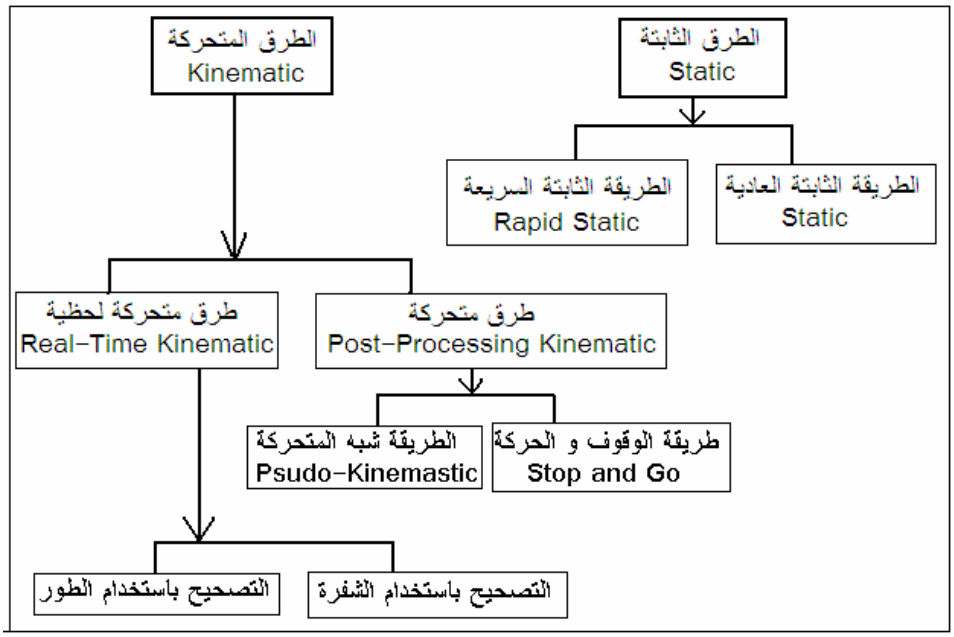
مع نهاية القرن العشرين بدأ تداول مصطلح النظم العالمية للملاحة بالأقمار الصناعية Global Navigation Satellite Systems أو اختصاراً GNSS. وهو أنظمة تحديد المواقع التي يمكنها العمل (استقبال اشارات الأقمار الصناعية) من أنظمة GPS الأمريكي و GLONASS الروسي و GLILEO الأوروبي و BEIDOU الصيني . أي أن GNSS يشمل عدة نظم مختلفة.

من المعلوم أن تقنيات GNSS تعتمد علي مبدأ الحساب الدقيق لفروق الاحداثيات ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$) بين طرفي خط القاعدة Base Line وليس حساب احداثيات النقطة (X,Y,Z) في حد ذاتها. فخط القاعدة يمكن حسابه بدقة عالية جداً (ملليمترات) بينما لا يمكن الوصول لهذه الدقة في حساب احداثيات النقطة الواحدة. ومن ثم ففي العمل المساحي نحتاج لوضع جهازين (أو أكثر) أحدهما يحتل نقطة تحكم معلومة الاحداثيات Control or Base Station بحيث يمكن اضافة احداثياتها المعلومة الي مركبات خط/خطوط القاعدة المقاسة ليمكن حساب الاحداثيات الدقيقة للنقطة/النقاط المجهولة [١٣].

وقد تتم الحسابات في المكتب بعد انتهاء العمل الحقلي Post-Processing أو قد تتم في نفس لحظة الرصد من خلال وجود اتصال لاسلكي يمكننا من ارسال البيانات ما بين نقطة التحكم والنقاط الجديدة المرصودة Real-Time Kinematic أو اختصاراً RTK. شكل(٤٤)

ومن هنا فإن أجهزة GNSS تنقسم من (حيث مكوناتها) الي فئتين:

- الأجهزة الثابتة Static Receivers
- الأجهزة ذات امكانية العمل الحقلي اللحظي RTK Receivers. شكل (٤٥)




شكل (٤٤) طرق حسابات GPS

شكل (٤٥) يوضح بعض أنواع لأجهزة GPS

## أجهزة نظم الخرائط المحمولة Mobile Mapping (MMS) Systems

بدأ ظهور تقنية نظم الخرائط المحمولة Mobile Mapping Systems او اختصاراً MMS في بداية التسعينات.

**يتكون نظام الخرائط المحمولة من عده أجهزة تشمل:**

قياس المسح بالليزرlaser scanner ، جهاز GPS ، جهاز القصور الذاتي Inertial Navigation System او اختصارا INS ، كاميرا رقمية ، كاميرا فيديو (احياناً).

**ويمكن تقسيم أجهزة MMS الى نوعين:**

١- أجهزة مدمجة Compact وفيها تكون جميع المكونات مدمجة في جهاز واحد.

٢- أجهزة قابلة للفصل Hybrid وفيها يمكن فصل بعض مكونات الجهاز للعمل بها بصوره منفصلة.

ويمكن تركيب أجهزة نظم الخرائط المحمولة على اي منصة مثل السيارة او المركب او حتى القطار.

تعتمد أجهزة نظم الخرائط المحمولة على الرفع المساحي بكثافة عالية للمعالم المكانية من خلال جهاز المسح بالليزر مع تحديد موقع هذه النقاط من خلال جهاز GPS وفي حالة فقد اشارات الأقمار الصناعية (في الأماكن المغلقة مثل الانفاق) يتم الاستعانة بجهاز القصور الذاتي INS لتحديد مواقع النقاط المرصودة ، اما المعلومات غير المكانية attribute data فيتم الحصول عليها من الكاميرات الرقمية او كاميرا الفيديو (شكل رقم ٤٦).

شكل رقم (٤٦) أجهزة MMS

**تتعدد مميزات نظم الخرائط المحمولة وتشمل:**

- قياسات ثلاثية الابعاد (X,Y,Z) مرجعة مكانياً.
- كثافة عالية لجميع الاهداف المرصودة.
- تجميع البيانات الحقلية في وقت قياسي.
- صور فوتوغرافية للبيانات غير المكانية.
- تصنيف الاهداف Automatic Classification.
- سرعة عمل الحسابات Data Processing.
- طبقات متعددة طبقا لأنواع الاهداف.
- متكامل تماما مع نظم معلومات الجغرافية [١٤].

وبالتالي نجد ان تطبيقات نظم الخرائط المحمولة تكون ذات أهمية كبرى في اعمال الاستكشاف التعديني وأعمال الانفاق والمناجم حيث يمكن من خلالها حسابات كميات الحفر ( المحاجر) وتجميع بيانات نظم المعلومات الجغرافية ومن ثم استخدامها في مراقبة ومتابعة مراحل التعدين المختلفة بدءً من مرحلة الاستكشاف ثم الاستغلال ثم الاستصلاح.

## المركبات الجوية بدون طيار (الطائرات بدون طيار)

## Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

في السنوات الأخيرة، تم استخدام المركبات الجوية بدون طيار (UAVs) لأغراض مختلفة. وتم التوسع في استخدام الطائرات بدون طيار بسبب الانخفاض الكبير في تكلفة المركبات وأجهزة الاستشعار عن بعد والتقدم الكبير في برامج معالجة البيانات. الطائرات بدون طيار هي أيضًا أدوات مهمة في صناعة التعدين ويمكن استخدامها في مراحل عملية التعدين المختلفة سواءً في مرحلة الاستكشاف أو الاستغلال أو الاستصلاح.

في مرحلة الاستكشاف، يتم تحديد الهدف المعدني من قبل فريق من خبراء الجيولوجيا، مثل الجيولوجيين وعلماء المعادن وعلماء الجيوفيزياء. في مرحلة الاستغلال، يتم إنشاء البنية التحتية لإنتاج المعادن، ويتم استخراج المواد الخام باستخدام المعدات الثقيلة. أخيرًا، في مرحلة الاستصلاح ، يتم إزالة جميع المواد غير المرغوب فيها ، مثل النفايات والمخلفات والتربة السطحية الملوثة من منطقة التعدين، وتملئ المنطقة تحت الأرض بشكل مناسب بالمواد الصخرية (شكل ٤٧).

نظرًا لأنه يمكن تجهيز الطائرات بدون طيار بأجهزة بصرية وكاميرات تغطي نطاقات مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي، والأجهزة الجيوفيزيائية ، مثل مستشعرات أشعة جاما المغناطيسية والطبيعية، فيمكن استخدامها لأغراض مختلفة، مثل رسم الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية، وحساب التجزئة وحجم المخزون، والمراقبة المتعلقة بسلامة المنحدرات ونقل الخامات [١٥].

شكل (٤٧) يوضح استخدام UAVs في أعمال الاستكشاف التعديني

## المسح بالليزر المحمول جواً Airborne Laser Scanning (ALS)

هناك طريقة فريدة أخرى للاستكشاف التعديني وهي المسح بالليزر المحمول جواً، والمعروف أيضاً باسم "Airborne LiDAR". تستخدم التكنولوجيا منصات عالية الجودة مأهولة أو بدون طيار مما يجعل الحصول على البيانات في الظروف الصعبة ممكناً.

توفر تقنية Airborne Laser Scanning (ALS) فرصًا مذهلة لقطاع التعدين. نظرًا لقدرتها على الحصول على ملايين النقاط لكل كيلومتر مربع ، لذلك فإن المسح بالليزر المحمول جواً هو أكثر التقنيات شيوعًا لمسح المناجم.

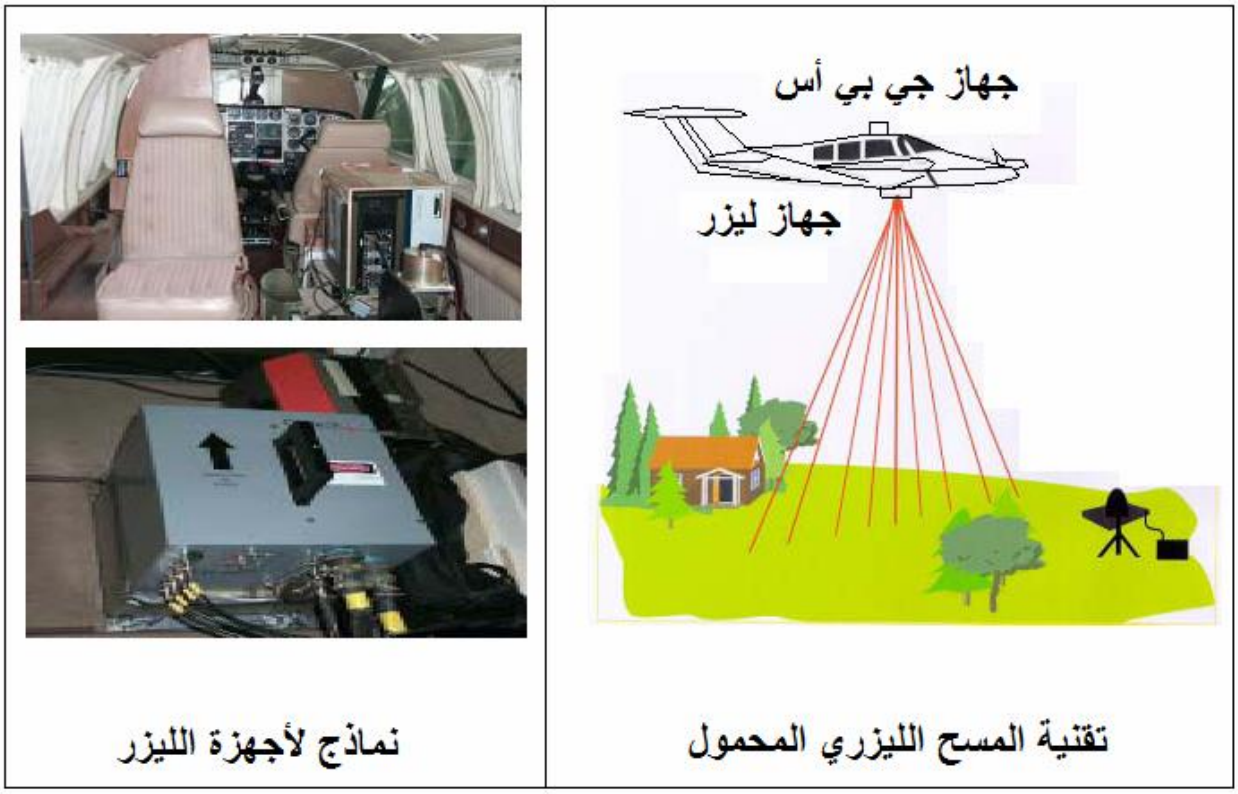
تعد نماذج التضاريس الرقمية الدقيقة عالية الدقة Digital Terrain Models (DTMs) ضرورية لمراقبة التعرية، والهبوط ، والانهيار الأرضي، والحركات التكتونية ، ولإنشاء نماذج مناجم رقمية في منطقة التعدين. تتيح تقنية LiDAR الناشئة حديثًا قياسات دقيقة وغير مكلفة للتضاريس، وارتفاعات مظلة الغطاء النباتي، والمباني حول مناطق التعدين الكبيرة. أثبتت تقنية ALS أنها تقنية مناسبة لتقديم عدد مهول من النقاط ثلاثية الأبعاد عالية الدقة للسطح والمسطحات الكثيفة. ومع ذلك ، فإن سطح منطقة التعدين معقد في الشكل ومنحدر حاد وقد يوجد به نباتات كثيفة ومنشآت ومباني الصناعات التعدينية ، والتي تختلف عن السطح المسطح للمدن العادية. لذلك، من المهم جدًا إنشاء خطة عمل لإنشاء DTM سليمة من تقنية (ALS) المستخدمة في أعمال الاستكشاف التعديني. شكل (٤٨)

يتضمن سير العمل القياسي لإنشاء DTM من بيانات ALS عدة خطوات. بعد الحصول على البيانات

شكل (٤٨) جهاز LIDAR محمول جواً

وباستخدام قراءات GPS التي تم الحصول عليها، يتم تحديد إحداثيات ثلاثية الأبعاد لكل نبضة قياس تم عملها. بعد ذلك، يجب اكتشاف الأخطاء المنهجية والأخطاء الجسيمة في نتائج القياس وإزالتها.

بعد ذلك يتم إجراء التصفية لتصنيف النقاط الأرضية وغير الأرضية.
تم تطوير العديد من المرشحات المختلفة خلال السنوات الماضية. وأخيراً، يتم إنشاء وحساب DTM باستخدام طريقة الاستيفاء القياسية، مثل Spline أو Kriging [١٦]. شكل (٤٩)

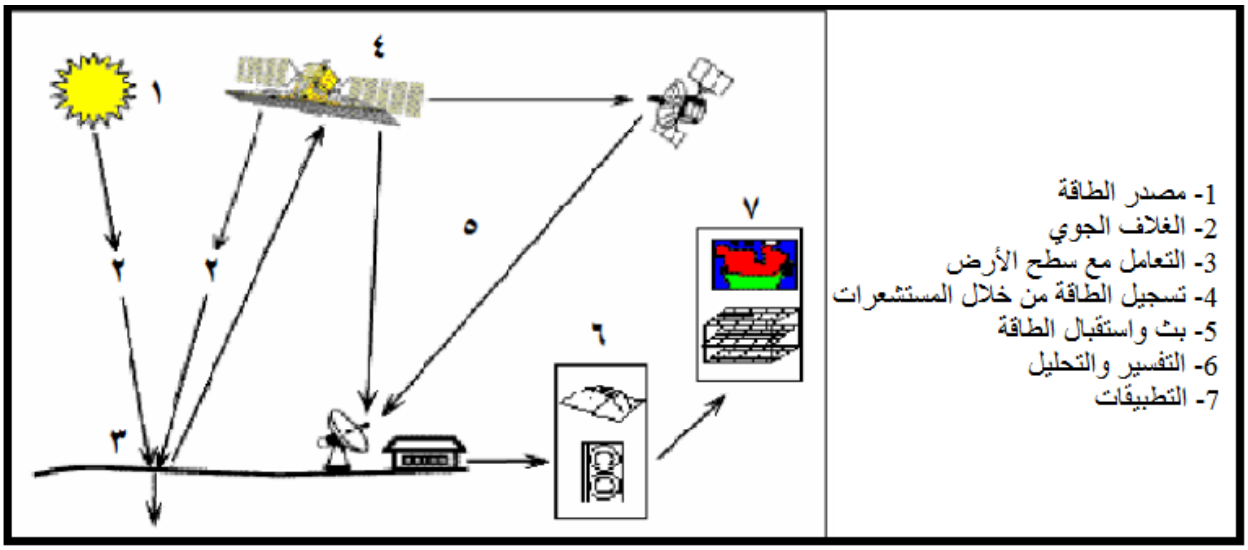



شكل (٤٩) أجهزة مأهولة LIDAR محمول جواً

## الاستشعار عن بعد وصور الأقمار الصناعية

## Remote Sensing & Satellite imagery

يعرف أسلوب Remote Sensing بأنه طريقة جمع المعلومات عن أي أهداف أرضية محددة باستخدام الصور عن بعد وبدون وجود أي تماس مباشر مع هذه الأهداف . ويتم ذلك بواسطة تحسس وتسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية من الأجسام التي تقع ضمن الأطوال الموجية الواقعة بين الأشعة فوق البنفسجية والأمواج الميكروية (300m to 1m) ضمن الطيف المغناطيسي. شكل (٥٠)




شكل(٥٠) مكونات عملية الاستشعار عن بعد.RS

تعد صور الأقمار الصناعية أمرًا حيوياً للاستكشاف المبكر وهي عادةً أولى أنواع البيانات التي يتم الحصول عليها للعمل في منطقة جديدة. عند دمجها مع رسم الخرائط الميدانية والجيوفيزياء، تصبح طريقة فعالة للغاية لاكتساب الفهم الجيولوجي. اليوم يمكننا الحصول على صور من مجموعة متنوعة من أنظمة الأقمار الصناعية مثل Landsat و Worldview وSPOT و Eye-Rapid وEROS وغيرها [١٧].

تختلف أنظمة الأقمار الصناعية في عدد المرات التي تزور فيها نفس الموقع ، ومقدار التفاصيل المرئية التي تلتقطها وعدد الألوان المختلفة التي تسجلها. تحتاج الأقمار الصناعية إلى رؤية سطح الأرض قبل أن تتمكن من التقاط البيانات ذات الصلة باستكشاف المعادن. لا تعمل الأقمار الصناعية الضوئية بشكل جيد في المناطق الاستوائية أو الغابات الكثيفة ويجب البحث عن مصادر بيانات بديلة إذا كانت منطقة العمل في مثل هذه المنطقة. (شكل رقم ٥١) ، وفيما يلي بعض مزايا صور الأقمار الصناعية.

- **مسح الأقمار الصناعية فعال من حيث التكلفة لمواقع المناجم الكبيرة**

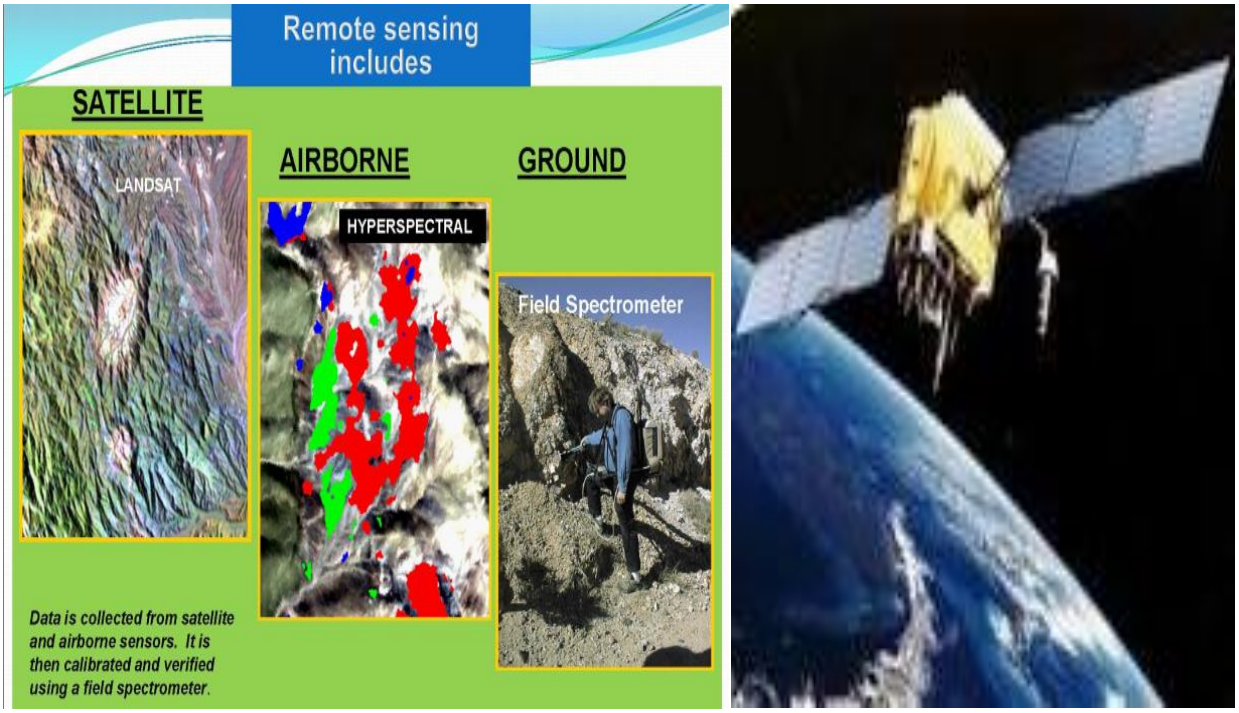
يعد المسح بالأقمار الصناعية مثالياً لمواقع المناجم الكبيرة حيث يضع المشغل أولوية عالية لسلامة الموقع، والمراقبة المستمرة للمخلفات، وتحسين نقل المواد، وخفض التكاليف. اعتماداً على موقع المنجم وحجمه ومعدل التعدين، يتم مسح المواقع بشكل متكرر من مرتين شهرياً، حتى مرة واحدة سنوياً.

- **مواقع التعدين التي يجب مراقبتها بانتظام**

نظراً لإهتمام المتخصصين والمنظمات الحكومية بموضوع تخزين المخلفات. وبسبب حدوث إخفاقات لسدود النفايات في Mount Polly في كندا، و Samarco في البرازيل. يوفر المسح المنتظم عبر الأقمار الصناعية سجلاً مستقلاً وقابل للتدقيق لبناء وتعبئة مرافق تخزين المخلفات ، وذلك لضمان أن تكون مخلفات المناجم آمنة.

- **التحديث المستمر لمواقع وخطط أعمال التعدين**

يضمن المسح المستمر عبر الأقمار الصناعية لموقع المنجم بأكمله أن تكون خطط المسح "كما تم إنشاؤها" محدثة دائمًا. إن مسح مواقع المناجم باستخدام الطرق التقليدية لن يكون مكلفًا فحسب ، بل يستغرق وقتًا طويلاً أيضًا مقارنة بالمسح بالأقمار الصناعية. تلتقط الأقمار الصناعية صورًا مجسمة لمواقع مناجم كاملة لمناطق شاسعة في فترة زمنية قصيرة. يوفر هذا مسحاً سريعاً فورياً للموقع بأكمله. يمكن لمسئولي التعدين بعد ذلك التخطيط لمشاريع جديدة، واثقين من أنهم يعملون دائماً بمعلومات مسح دقيقة ومحدثة [١٨] .



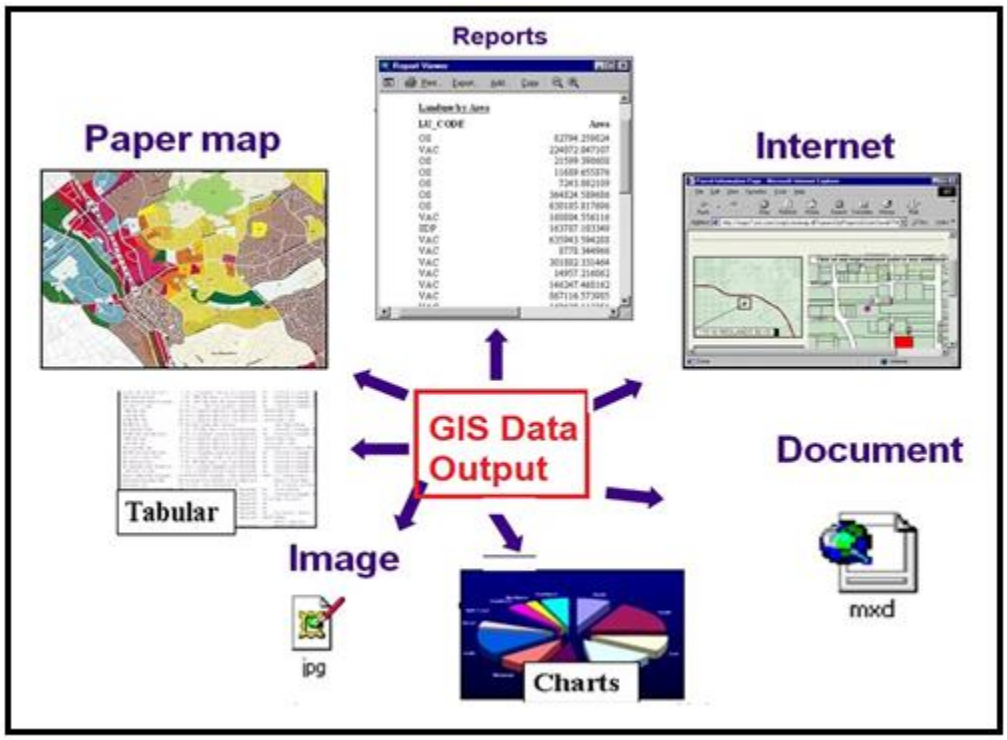

شكل(٥١) يوضح مراحل الاستشعار عن بعد .RS

## تطبيقات تقنية Geographic Information Systems (GIS) في أعمال التعدين

يمكن تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في مراحل التعدين المختلفة، ويتمثل ذلك في عمليات جمع وحفظ وعرض وتحديث وتحليل وتفسير المعلومات في جميع المراحل بدءً من تعيين حدود ملكية الأرض والاستكشاف واختيار أفضل المواقع وحسابات الحجوم والتخطيط والإنتاج وتطوير النمذجة الثلاثية الأبعاد والتحليل الثلاثي الأبعاد واستصلاح المناجم والسلامة واختيار أنسب الطرق للنقل وغيرها من الوظائف. شكل(٥٢)

كما يمكن أن تقدم نظم المعلومات الجغرافية تقييماً يومياً دقيقاً للأنشطة اليومية لمختلف مراحل أعمال التعدين بل وكذلك في مراقبة الجودة البيئية وخصائص الغطاء النباتي وخصائص المنحدرات. شكل(٥٣)

كما أن نظم المعلومات الجغرافية تمكن علماء الجيولوجيا المعدنية من التعدين بذكاء وكفاءة وتنافسية وأمان. وتوفر نظم المعلومات الجغرافية إطاراً لاكتساب وتطوير وتفسير مجموعات البيانات المكانية والجداول المعقدة المستخدمة للتعدين وعلوم الأرض المختلفة. شكل(٥٤) تعد الخرائط والمفاهيم المكانية وعنصر الوقت ضرورية جداً للتعدين الفعال (Elroi, D., 1995).



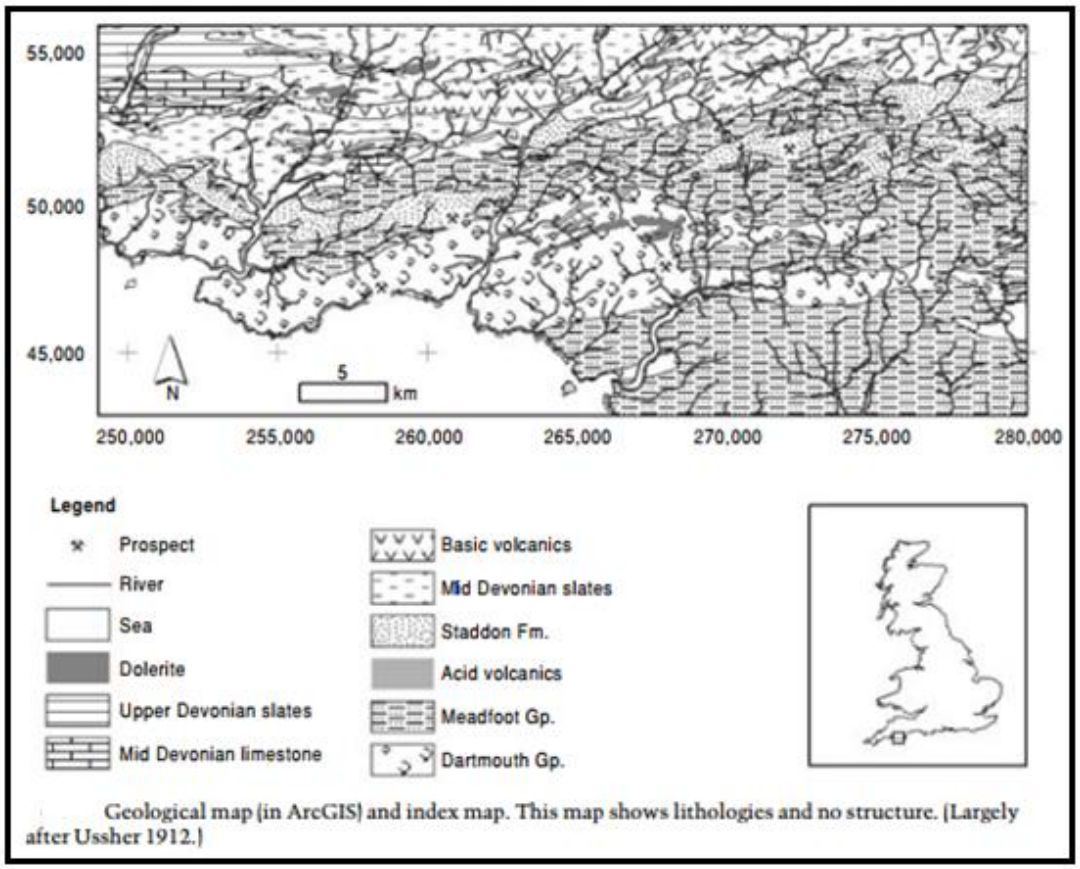

شكل(٥٢) مخرجات بيانات نظم المعلومات الجغرافية

**تم تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في التعدين Underground Mining في أربعة مجالات:**

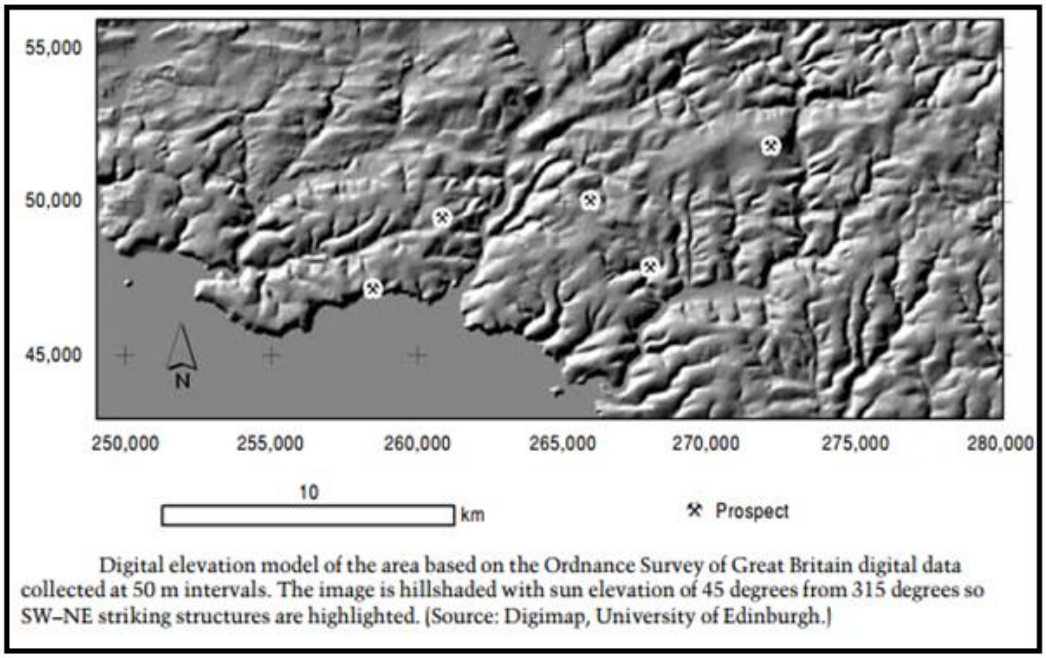
- تقدم نظم المعلومات الجغرافية تطبيقات متعددة في عمليات التعدين مع أدوات لجمع وتصنيف ومعالجة وعرض وتحليل وأرشفة كميات كبيرة من البيانات. شكل(٥٤)(Hammond, AD, 2002)

- كما يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تقدير موارد الذهب في أي مجال مكاني معين. ويمكن تحديث المعلومات حول رواسب الذهب والاستعلام عنها وتصورها وتحليلها من خلال استخدام قواعد البيانات الجغرافية، وكذلك يمكن حساب حدود جسم الخام وتوزيع الذهب وتقدير الموارد في درجات القطع المختلفة في الوقت المناسب. شكل(٥٥) (Zhou, W., et al, 2007)

- يمكن انشاء نظام ذكي باستخدام GIS, GPS And GPRs لمتابعة وارسال معدات الحفر والنقل في المناجم المفتوحة ومتابعة مساراتها ، ثم يتم عمل قاعدة بيانات لحساب أوقات تسليم وتحميل معدات النقل ، وهذا النظام الذكي بالطبع سوف يحسن الأداء ويجعله مستقراً. (Qing-hua, Gu, et al, 2008)
- تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية لإنشاء قاعدة بيانات مساحية لصناعة التعدين في مصر ، والتي تشمل بعض الخامات وتوزيعها في مصر. ستكون المميزات مرتبطة ببيانات العناصر الخاصة بها لتكون سهلة التحديث والتخزين والاسترداد والتحليل والإدارة والتبادل والعرض ، للحصول علي بيانات مكانية وطيفية عالية الدقة في نظم المعلومات الجغرافية ، وبالتالي يكون من السهل اتخاذ القرار إذا كان الخام يمكن استخراجه وتسويقه. (Arafat and Gojamanov, 2009)



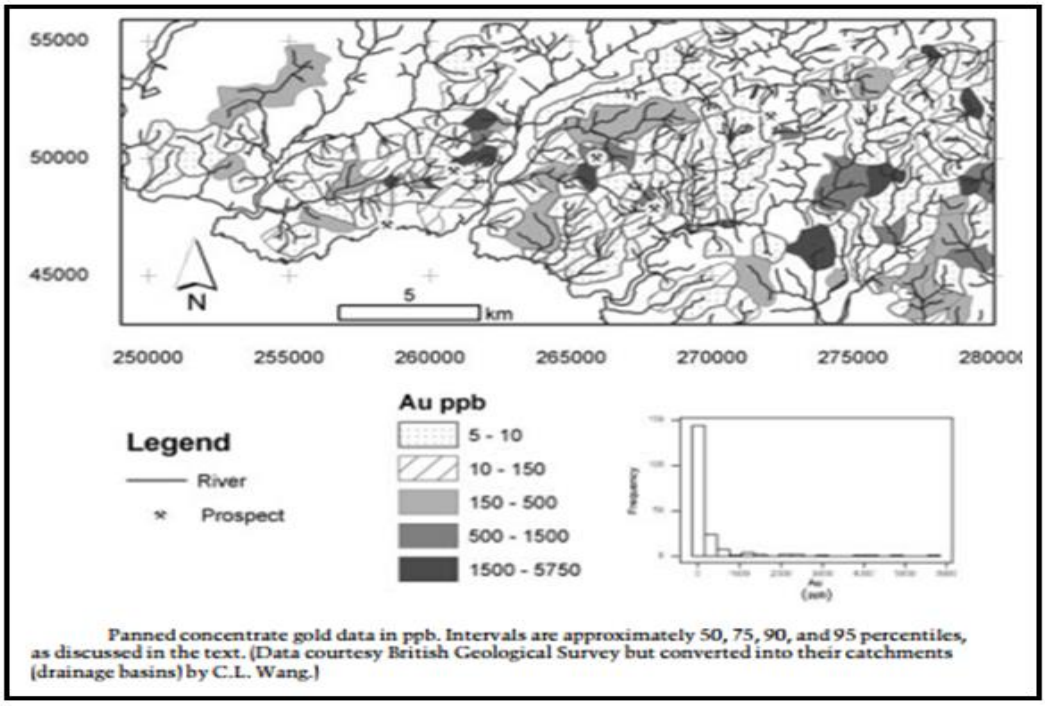

خريطة (٥٣) توضح استخدام تقنية GIS لإنتاج خرائط جيولوجية
المصدر: Introduction to Mineral Exploration, p187




Digital elevation model of the area based on the Ordnance Survey of Great Britain digital data collected at 50 m intervals. The image is hillshaded with sun elevation of 45 degrees from 315 degrees so SW–NE striking structures are highlighted. (Source: Digimap, University of Edinburgh.)

خريطة (٥٤) توضح استخدام تقنية GIS لإنتاج DEM

المصدر: Introduction to Mineral Exploration, p189




Panned concentrate gold data in ppb. Intervals are approximately 50, 75, 90, and 95 percentiles, as discussed in the text. (Data courtesy British Geological Survey but converted into their catchments (drainage basins) by C.L. Wang.)

خريطة (٥٥) توضح استخدام تقنية GIS لإنتاج خرائط لنسب تركيز الذهب

المصدر: Introduction to Mineral Exploration, p190[١٩]

## التوصيات

- عقد اتفاقية تعاون بين الجامعات المصرية لإجراء عملية الاستكشاف التعديني وتقديم الاستشارات الفنية علي كامل حدود مصر بما يعود بالنفع على الإقتصاد الوطني.
- استغلال مشروعات تخرج الطلبة في إجراء تطبيق التقنيات الحديثة للمسح الاستكشافي وتسويقه لشركات التعدين ويمكن استغلال العائد لتطوير وشراء أجهزة حديثة وكذلك ضرورة التعاون مع المراكز البحثية بالجامعات.
- ضرورة التكامل بين كافة أنواع التقنيات المساحية المتاحة والاستفادة منها لتحقيق الاستكشاف التعديني بطريقة ذكية.
- اقتراح قيام الدولة بعمل محطات مساحية مرجعية Reference Stations مثبت عليها أجهزة GPS ثابتة تقوم بالرصد المستمر علي مدار الساعة علي الأقمار الصناعية ويتم ارسال تلك الأرصاد (X,Y,Z) الي مركز التحكم Control Centre ليتم تصحيح قيم أخطاء الرصد ثم يتم بث هذه التصحيحات سواءً لاسكياً أو علي الانترنت ، بحيث يقوم المستخدم باستخدام جهاز Rover فقط وبالتالي لا يحتاج الي جهاز Base لأنه سيستقبل التصحيحات من مركز التحكم ، وتكون تلك الخدمة مجانية لتسهيل أعمال الرفع والتوقيع المساحي كما هو موجود بالدول الأوروبية وبعض الدول العربية مثل دبي بالإمارت وجدة بالمملكة العربية السعودية ،وبالتالي سيكون المطلوب فقط هو جهاز Rover فقط دون الحاجة الي جهاز Base مما سيؤدي الي تقليل تكلفة شراء أجهزة GPS.
- ضرورة وضع نوع التكوين الجيولوجي والحركات التكتونية في الإعتبار في أماكن توقيع نقاط شبكات المثلثات خاصة في منطقة جبال البحر الأحمر نظراً لطبيعتها الجيولوجية، مع اقتراح فكرة الرفع المساحي خماسي الأبعاد حيث يمثل البعد الخامس نوع التكوين الجيولوجي في مكان النقاط مما يساعد علي امكانية وضع صورة عامة ومراقبة مستمرة لطبيعة التكوينات في كامل مناطق شبكات المثلثات التي تغطي مساحة الدولة.
- انشاء مراكز أبحاث المساحة والتعدين في الجامعات تقوم بعمل المسح و الاستكشاف التعديني من خلال الأساتذة والطلاب بما يعود بالنفع في خدمة الاستكشاف التعديني على المستوى القومي.
- امكانية استخدام الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence في الاستكشاف التعديني .

## الخلاصة

الاستكشاف التعديني يمثل أهمية كبري للنهوض بالإقتصاد الوطني ، مما يستدعي مواكبة التطور التقني خاصة في مجال المساحة الذي يعد من أهم وسائل الاستكشاف التعديني ، وبناءً عليه قدمت الدراسة تصوراً عن مفهوم علوم المساحة وتاريخها وأقسامها وطرق العمل المساحي.

وكذلك التعريف بمفهوم الاستكشاف التعديني والهدف منه وبرنامج الاستكشاف بدءً من الدراسات الاقليمية بمراحلها ثم مرحلة المسح والتنقيب الأرضي بطرقه المتعددة ، وانتهاءً بمرحلة الآبار الاستكشافية والتي تعد المرحلة الأخيرة من مراحل الاستكشاف التعديني.

ومن أجل ذلك قدمت الدراسة ايضاحاً لأهم الأجهزة والتقنيات المساحية الحديثة وتوضيح دورها في مراحل الاستكشاف التعديني ، سواءً أجهزة المحطة الشاملة Total Stations بأنواعها المتعددة ، ثم أجهزة GNSS وأهمية استخدامها في الاستكشاف مع توضيح أنواع أجهزة GPS ، ثم تطرقت الدراسة الي نظم الخرائط المحمولة جواً MMS وكذلك المركبات الجوية بدون طيار UAVs والمسح بالليزر المحمول جواً ALS مع ايضاح ضرورة استخدام تطبيقات GIS وكذلك الاستشعار عن بعد Remote Sensing .

ذلك يستدعي ضروروة التكامل بين كل هذه التقنيات للوصول الي الهدف المنشود وهو الاستكشاف التعديني بطريقة فعالة ومبدعة. ولتحقيق هذا الهدف قدمت الدراسة بعض التوصيات لعل أهمها تفعيل دور الجامعات ومراكز البحوث المتخصصة للقيام بأعمال الاستكشاف التعديني وتقديم الاستشارات الفنية من خلال الأساتذة الخبراء في هذا المجال بدلاً من الإعتماد علي الخبرات الأجنبية . وكذلك قيام الدولة بإنشاء منظومة نقاط ثابتة Reference Stations لتوفير تكلفة أجهزة GPS ، وكلك ضرورة توفير الدعم اللازم للجامعات ومراكز البحوث المتخصصة في مجال الاستكشاف التعديني بما يعود بالنفع علي المجتمع.

.

# المصادر والمراجع

## أولاً: المراجع


[١] داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٦ ، أجهزة الهندسة المساحية ، القاهرة- مصر.

[٢] داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٥ ، أساسيات علوم المساحة والجيوماتكس ، معهد بحوث المساحة ، مصر.

[٣] الهيئة المصرية العامة للمساحة ، ٢٠٢٠ ، المواصفات الفنية لأعمال المساحة والخرائط ، مصر.

[٤] علي شكري محمود حسني، محمد رشاد الدين، ١٩٩٥ ،المساحة المستوية وطرق الرفع والتوقيع ،مصر.

[٥] زراك ، غازي عطية ، ٢٠٢١، جيولوجيا المناجم والاستكشاف التعديني ، الطبعة الثانية ، بغداد ،العراق.

[٦] Mineral Exploration Principles and Applications Elsevier _2013.

[٧] زراك ، غازي عطية ، ٢٠٢١، جيولوجيا المناجم والاستكشاف التعديني ، الطبعة الثانية ، بغداد ،العراق.

[٨] Geological Methods In Mineral Exploration And Mining, Roger Marjoribanks , Second Edition,2010

[٩] داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٢ ، أسس المساحة الجيوديسية ، القاهرة- مصر.

[١٠] داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٦ ، أجهزة الهندسة المساحية ، القاهرة- مصر.

[١١] B. Kekeç, N. Bilim, E. Karakaya, And D. Ghiloufi, "Applications Of Terrestrial Laser Scanning (TLS) In Mining: A Review," *Turkey Lidar Journal*, May 2021, Doi: 10.51946/Melid.927270.

[١٢] A. Prakash, A. Verma, A. Kumar, And P. K. Singh, "Utility Of Terrestrial Laser Scanner In Mining," 2019.

[١٣] داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٦ ، أجهزة الهندسة المساحية ، القاهرة- مصر.

[١٤] داود ، جمعة محمد ، ٢٠١٦ ، أجهزة الهندسة المساحية ، القاهرة- مصر.

[١٥] S. Park and Y. Choi, "Applications of unmanned aerial vehicles in mining from exploration to reclamation: A review," *Minerals*, vol. 10, no. 8. MDPI AG, pp. 1–32, Aug. 01, 2020. doi: 10.3390/min10080663.

(١٦) H. Yu, X. Lu, X. Ge, and G. Cheng, “Digital Terrain Model Extraction from Airborne LiDAR Data in Complex Mining Area.”

(١٧) F. Bilki, “Satellite Imagery in Mineral Exploration,” Feb. 2015. [Online]. Available: http://global.micromine.com/satellite-imagery-in-mineral-exploration-part-1

(١٨) G. Mitchell and P. Geo, “When satellite surveying is the best practice in mining,” 2017.

(١٩) Introduction to Mineral Exploration,Charles J. Michael K.G., Second Edition,2006.

## ثانياً: مصادر الانترنت

- https://www.researchgate.net/publication/342656192_Modern_Survey_Instruments_and_their_use_in_Mine_Surveying
- www.usq.edu.au
- www.profsurv.com
- www.academia.edu
- http://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2015/papers/ts02f/TS02F_ojigi_ogba_7795.pdf
- https://www.gis-zaghlol.com/2019/06/geological-map.html

# MODERN SURVEYING TECHNIQUES AND THEIR ROLE IN MINING EXPLORATION

A Search Submitted To The Department Of Geology, Faculty Of Science, Tanta University, To Complete The Requirements For Obtaining A Master's Degree In Surveying And Mining Sciences


## Prepared by

## WEAL HASSAN FOUAD IBRAHIM

## Supervised by

## PROF/DR. MOHAMED ABU ANBER

Tanta University

Faculty of Science

Geology Department


2023