

المبحث الاول تعريف علم شكل الارض وتقدمه

المقدمة :- الجيومورفولوجي Geomorphology: دراسة مظاهر شكل الأرض من حيث الشكل والتكوين والعمليات الخارجية والداخلية التي تعتبر أساس في تكوين تلك الاشكال الارضية والتطور الذي تشهده تلك المظاهر بمرور الزمن , أي يتناول دراسة الآتي :-

- 1- المظهر الخارجي لسطح الأرض والتضاريس لأية منطقة .
- 2 - البيئة التي تكونت فيها التضاريس قارية أو مائية , كيفية تكوينها .
- 3 - القوى الخارجية والباطنية التي شكلت التضاريس .
- 4 - التكوينات السطحية وتحت السطحية التي تكون منها سطح الأرض (تربة + صخور).
- 5- التطور الزمني والتغيرات التي تشهدها مظاهر سطح الأرض بمرور الزمن .
- 6 - البنية والتركيب الجيولوجي للطبقات الصخرية التي تتكون منها القشرة الأرضية .

● القشرة الأرضية Earth crust من سطح الأرض إلى عمق متوسط 30-40 كم يزداد في الجبال 60 كم ويقل في المحيطات إلى 5 كم .

(أ)- الجزء العلوي : بين 10- 15 كم نارية + رسوبية (جرانيت) سيال sial حامضية فاتحة فوق القاع أكثر من اليابسة .

(ب) - الجزء السفلي : المتبقي من القشرة الأرضية حتى الوشاح الصخري سمكه 20-25 كم يتكون من صخور نارية بازلتية تسمى sima ذات لون غامق ثقيلة الوزن .

● التضاريس ناتجة من تفاعل الأغلفة 4 .

● ويتناول الجيومورفولوجي مكونات مظاهر السطح أي البنية وامتداد الطبقات الصخرية والوضع الذي تتخذه في القشرة والتركيب المعدني للصخور والعمليات التي أسهمت في أماكن وجود تلك المظاهر التضاريسية وهذا العلم يعد حلقة وصل بين جغرافيا + جيولوجيا .

● تطور هذا العلم من خلال الأبحاث والدراسات الجيومورفولوجية كالدراسات المورفوتكتونية والمورفومناخية والمورفومترية (قياسية) باستخدام الآلات والمعدات والأساليب الرياضية والإحصائية والحاسوب في قياس وتحليل عناصر مظاهر سطح الأرض .

● أسهم تطور الجيومورفولوجي توثيق العلاقة بينه وبين علوم أخرى مثل التربة جيومورفولوجي مناخ - آثار-بيولوجي-جيوديسيا كذلك معرفة في علوم الجيولوجيا والمناخ والهيدرولوجي والرياضيات والجغرافيا الطبيعية .

الجيومورفولوجيا التطبيقية :

تطور أساليب البحث الجيومورفولوجي + أتساع دائرة علاقته بالعلوم الأخرى نقلته من مرحلة وصفه مظاهر سطح الأرض إلى مرحلة التطبيق أي توظيف المعلومات الجيومورفولوجية في خدمة الإنسان ونشاطاته المختلفة .

تعريف الجيومورفولوجيا التطبيقية:

دراسة الخصائص العامة لسطح الأرض من حيث الشكل والتكوين وصفياً ومورفومترياً (قياسياً) والعمليات التي تؤثر في تلك المظاهر (تعرية - تجوية - انهيارات - أنزلاقات - هبوط) وعلاقة ذلك بالنشاط البشري من حيث الإمكانيات والمعوقات والمشاكل التي تواجه استغلال تلك المظاهر والحلول المناسبة لتجاوزها .

ويتناول الجيومورفولوجيا التطبيقية المواضيع التالية :-

- 1- التحري موقعياً عن منطقة الدراسة لتوفير معلومات متنوعة عنها من خلال الدراسة الميدانية , إذ قد تكون المعلومات الأخرى إما قاصرة أو غير وافية حسب غرض الجهة التي وفرت تلك المعلومات , ويمكن توفير المعلومات عن منطقة الدراسة باستخدام تقنيات RS و GIS و GPS .
- 2 - التكوينات السطحية وتحت السطحية (صخور + تربة) التي تتضمنها منطقة الدراسة ففي بعض المناطق تظهر الطبقات الصخرية على سطح الأرض دون أن تغطيها التربة في حين توجد مناطق أخرى تغطيها التربة فقط ويتباين سمكها من مكان لآخر , كما يمكن التعرف على انتشار تلك التكوينات أفقياً ورأسياً , وتحديد عناصر الضعف والقوة في تلك التكوينات وأثرها في النشاط البشري .
- 3- الانحدارات في منطقة الدراسة, وصفياً ومورفومترياً لمعرفة المواضع المستقرة وغير المستقرة والمشاكل التي تتعرض لها بعض المنشآت والمشاريع المرتبطة بها والحلول اللازمة لتجاوز بعض المشاكل .
- 4 - التعرية , أسبابها ومشاكلها وسبل مواجهتها للحد من آثارها ومشاكلها على النشاط البشري .
- 5 - التطبيقات الهيدرولوجية والمورفولوجية للأنهار أي الأساليب التفسيرية والقياسية الجيومورفولوجية والهيدرولوجية في دراسة أحواض وقنوات وأودية الأنهار وعلاقة ذلك بالنشاط المختلفة .
- 6 - أهمية المعلومات الجيومورفولوجية في اختيار المواقع والمواضع الملائمة لل عمران ومشاريع الري والطرق والجسور والمطارات .
- 7 - استخدام بعض الوسائل الجيومورفولوجية في البحث عن الموارد الطبيعية كالمعادن والنفط والمياه الجوفية والصخور والرمال .
- 8 - دور الجيومورفولوجية في التخطيط والتنمية والعمليات العسكرية .

وفي الفترة الأخيرة شهد هذا العلم تطوراً كبيراً وذلك لانجاز بحوث ومؤلفات في عدة مجالات منها (الجيومورفولوجيا الهندسية) والذي يتناول تقييم العمليات التي أسهمت في وجود الأشكال الأرضية وطبيعة وسلوك وخصائص المواد الصخرية والترابية لتلك الأشكال والعمليات والمشاكل التي تتعرض لها . وعلى ضوء ذلك يمكن تحديد المواضع المستقرة الملائمة لإقامة المشاريع المختلفة كالعمران والطرق ومشاريع الري وغيرها , والمواضع غير المستقرة التي تتعرض لمخاطر الانهيار والهبوط والانزلاق والتعرية والابتعاد عنها أو معالجة مشاكلها .

ومنها أيضاً (الجيومورفولوجيا الحضرية) هي دراسة العلاقة بين العمران وطبيعة أشكال سطح الأرض من جبال وسهول ووديان وهضاب ومدى ملائمتها للتوسع العمراني وتوزيع استعمالات الأرض الحضرية على المواضع الملائمة لنمو المدينة بما يتلاءم وطبيعة تضاريس الموضع من ارتفاع وانخفاض وانحدار ونوعية تكوينات مناسب المياه الجوفية .

المبحث الثاني التضاريس الأرضية والتحري الموقعي

تعتمد الدراسات الجيومورفولوجية على التحري الموقعي في تقصي الحقائق عن منطقة الدراسة بشكل مباشر على أرض الواقع وذلك لتأكيد صحة ما توفر من معلومات وأكمال غير المتوفر منها .

ويكون العمل الميداني وفق الخطوات التالية :-

1- تحديد منطقة الدراسة 2 - مصادر المعلومات 3 - العناصر التي تتناولها الدراسة الميدانية .

(1 -) تحديد منطقة الدراسة :

تحديدها على خريطة طبوغرافية (المظاهر الطبيعية والبشرية) تحديد موقعها بالنسبة لخطوط الطول ودوائر العرض والارتفاع عن مستوى سطح البحر وعليه يمكن مراعاة ما يأتي :-

أ- طبيعة تضاريس تلك المنطقة وما تتطلبه الدراسة من أدوات ومعدات لازمة للقياس .

ب- الطرق المؤدية إلى منطقة الدراسة واختيار أنسبها .

ج- توفير معلومات أولية عن منطقة الدراسة لتحديد ما تحتاج إليه من دراسة موقعية والزمن المطلوب وربما يتطلب الإقامة في الموقع شهراً أو عدة أياماً لتحقيق زيارات متكررة للموقع وتحديد فريق عمل لجمع المعلومات من أفراد وفي التخصصات المطلوبة لخدمة غرض البحث .

د- توفير خريطة أساسية للمنطقة تثبت عليها المعلومات التي يتم جمعها لتكون مرجع أساسي للباحث .

هـ- وضع سقف زمني للدراسة الميدانية .

(2-) مصادر المعلومات :- لغرض توفير المعلومات عن أية منطقة دراسة يختارها الباحث يتطلب

ذلك الاعتماد على مصادر متنوعة منها :

أ - مصادر مكتبية: يشمل ذلك البحوث -التقارير -الكتب - الجهات الرسمية وغير الرسمية ويكون معظمها يقتصر على جانب معين حسب هدف الدراسة والجهة التي قامت بها .

ب - مواقع أترنت **Internet Sites**: تعد مواقع أترنت أحد المصادر المهمة في البحث الجيومورفولوجياذ يمكن من خلالها توفير مصادر متنوعة عن منطقة الدراسة من كتب وتقارير وبحوث وخرائط ومرئيات فضائية واستخدام بعض البرامج المفيدة في هذا المجال مثل برنامج (Google Erath) واستخدام المراسلات مع جهات علمية مختصة لغرض الاستفسار أو الحصول على معلومات معينة.

ج- الاستشعار عن بعد أو التحسس النائي **RSensing emote**: يعني الاستشعار عن بعد توفير معلومات متنوعة عن سطح الأرض دون الاتصال به بشكل مباشر بواسطة أجهزة الالتقاط المختلفة وبأستخدام خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة والمنبعثة من التكوينات الأرضية أو من الجو أو المسطحات المائية التي تعطي صورة واضحة عن طبيعة سطح الأرض .

ومن الوسائل المستخدمة في هذا المجال ما يأتي :-

1 - الصور الجوية Aerial Images :وهي صور تلتقطها الطائرات بواسطة أجهزة تصوير خاصة وتكون على ارتفاعات منخفضة و بأوضاع مختلفة رأسية ومائلة حسب الغرض من الصورة. وفي كل الأحوال توضح تلك الصور طبيعة سطح الأرض وما يتضمنه من مظاهر على نطاق واسع وهذا يوفر على الباحث وقت وجهد في جمع تلك المعلومات .

2 - الصور الفضائية Space Images:وهي صور تلتقطها الأقمار الصناعية على ارتفاعات عالية جداً وتكون على درجة عالية جداً من الدقة وتكون المعلومات على شكل بيانات رقمية مسجلة على اسطوانات مغناطيسية أو على هيئة أفلام وصور وتحمل تلك الأقمار 4 أنواع من أجهزة الالتقاط للمعلومات من سطح الأرضي:-

1- أجهزة التقاط الصور المرئية .

2- أجهزة راديو ميتر (أداة لقياس الطاقة الاشعاعية ضمن الاشعاع الكهرومغناطيسي ويشمل: الطيف المرئي والاشعة فوق البنفسجية والاشعة تحت الحمراء) متعدد الموجات .

3 - راديو متر حراري ذو طول موجي واحد واكثر .

4 - رادار .

● مجالات الاستفادة من معلومات R.S في مجال الجيومورفولوجيا :

1- تخطيط وتوزيع أعمال التحري ألموقعي لمنطقة الدراسة الطبيعية والبشرية اعتماداً على الصور الجوية والفضائية وتحديد حركة أجهزة وفرق التحري ألموقعي لذا تسهل مهمتهم .

2 - تحديد مواقع الموارد الطبيعية المختلفة للاستفادة منها .

3 - طبيعة النظام الهيدرولوجي في منطقة الدراسة بنوعية السطحي والجوفي .

4 - معرفة المناطق المستقرة وغير المستقرة في سفوح المرتفعات أي تحديد المناطق التي تتعرض للانزلاق و الانهيار في الوقت الحاضر أو بالماضي أو مستقبلاً .

5- توضيح التطورات التي يشهدها أي موقع من تغيرات في أشكال سطح الأرض وفي البيئية أو المناطق الحضرية أو التحول في استعمالات الأرض مثل تحول مناطق غابات إلى مناطق حضرية أو زراعية أو مناطق طمر صحي إلى عمرانية الخ ... من خلال مقارنة الصور لفترات متلاحقة .

6- أظهار المجاري القديمة للأنهار المطمورة و الأخاديد المملوءة بالترسبات وأنماط التصريف المشوشة و الخوانق وفوهات المناجم .

7 - معرفة أشكال السطح والبنية الجيولوجية والتربة و الصخور لمنطقة الدراسة وجوانبها .

8- تحديد العمليات الجيومورفولوجية المختلفة التي حدثت في منطقة الدراسة كالتعرية و الارساب والانهيار والهبوط وغيرها .

9- توفير خرائط متنوعة في مجالات عدة منها :-

أ- تخطيط المشاريع الهندسية المختلفة كالطرق والجسور ومشاريع الري وتخطيط المدن والموانئ وسكك الحديد .

ب- خرائط كنتورية توضح طبيعة الوضع الطبوغرافي في أي منطقة يتم دراستها .

ج- خرائط تفصيلية لمساحات صغيرة يستفاد منها في عدة مجالات .

د- خرائط تفصيلية للعمليات العسكرية يؤشر فيها أماكن تجمعات العدو ومواقع أسلحتهم والذخيرة والمطارات وطبيعة ارض العدو والإمكانات في تلك المواقع .

هـ - خرائط توضح التكوينات السطحية وتحت السطحية والخصائص البيولوجية لمنطقة الدراسة .

ويتم تفسير الصور الجوية والفضائية لغرض تحليل سطح الأرض فتظهر الجبال والوديان والسهول والمصاطب والمدرجات وطبيعة التصريف المائي وأنماط التصريف والتعرية حسب العامل المسبب لها ونوع الانحدارات ونوع الرواسب .

وتكون معلومات صور الاستشعار عن بعد المتعلقة بسطح الارض على نوعين .

1- مترية (قياسية) :- أي ارتباطها بالموضع الدقيق للظواهر الطبيعية ويحصل من تحليل الصور خرائط طبوغرافية .

2- وصفية وتفسيرية :- فيكون ذات طبيعة موضوعية وتعتمد على التفسير الشخصي للمرئيات الملتقطة.

د- نظم المعلومات الجغرافية Geographic Informations Systems :-

تقنية متقدمة يستخدم فيها الحاسوب وتتكون من معلومات و برمجيات و أجهزة و عمليات وتستخدم لتحويل وتخزين وربط وتحليل وعرض المعلومات المتعلقة بسطح الأرض وباطنه أي مظاهر السطح أو استعمالات الأرض والموارد الطبيعية والعمليات التي تحدث في باطن الأرض ونشاطات الإنسان فوق سطح الأرض .

فالـ GIS تكنولوجيا متكاملة ربطت عدد من التكنولوجيات المنفصلة في مشروع متكامل كبير جمع كل تلك الأجزاء لذلك ظهرت GIS كتكنولوجيا قوية جداً , فبواسطتها يمكن استخدام خريطة موديل أو نموذج شامل وتحليل كميات كبيرة من البيانات تحمل سوية ضمن قاعدة بيانات منفردة و أعطى فرصة للجغرافيين بأجراء تحليل جغرافي شامل مثل خريطة تصدر لتحليل أنماط جديدة عن طريق خريطة لمكان ما لمعلومات مختلفة ومصادر متنوعة عن ذلك المكان .

أهمية GIS العلمية:

- 1- دمج عمل الجغرافيين (طبيعي + بشري) وكذلك توطيد العلاقة بين الجغرافيا والعلوم المتداخلة معها كالتربة والنبات والهيروولوجي والجيولوجي والاقتصاد والتخطيط والاجتماع .
- 2 - تحليل البيانات الجغرافية الوصفية منها والكمية وتنفرد بها الـ GIS وحدها بذلك .
- 3 - تحسين فهم النمط والعمليات المكانية وبطريقة أكثر علمية وعملية وأسهم ذلك بنقل الجغرافيا إلى مكانة جديدة جعلها أكثر فاعلية في المجتمع وفي مجالات تطبيقية متعددة .
- 4- دمج كم هائل من المعلومات أو البيانات المكانية و أنواع أخرى من الصفات والخصائص غير المكانية في نظام واحد والتي تعالج بسرعة كبيرة فتوفر جهداً ووقتاً وكلفة .
- 5 - عرض المعلومات الجغرافية بطريقة رقمية مترجمة إلى خرائط وهذه أكثر قبولاً بالمجتمع من الجداول ويتمكن الباحث من خلال قراءة الخرائط وتحليل وتفسير مكوناتها .
- 6 - تعرض GIS عن دخول تقنيات حديثة في المجال الجغرافي وهذا مهم جداً في مواكبة التطور العلمي والتكنولوجي الذي يشهده العالم وقدرة الجغرافيا على منافسة العلوم الأخرى في استيعاب التقنيات الحديثة والانتقال من مرحلة سرد ووصف المعلومات والحقائق إلى تطبيق عملي وميداني يستفاد منه الإنسان في نشاطاته المختلفة .
- 7 - تعمل GIS على إيجاد علاقات بين الأنشطة العمرانية والاقتصادية حيث توجد علاقات غير منظورة يمكن ترجمتها إلى أشكال بيانية ومخططات يسهل فهمها .
- 8 - تعد GIS وسيلة مهمة لفهم وحسن إدارة البيئة .

● استخدام GIS في تحليل سطح الأرض :

يستخدم GIS في مجالات مختلفة وتطبيقات مختلفة ألا أنها تجمعها صفة الموقع الجغرافي الذي يعد العنصر الأساس الذي تبدأ منه عملية التحليل بعد توفر المعلومات على شكل خرائط أو صفات ولغرض تحقيق نتائج حقيقية لا بد من توفر معلومات أساسية تتعلق بالأرض منها :-

- 1 - شبكة جيوديسية لتوفر مرجع إحداثي دقيق أو إحداثيات جغرافية (خطوط الطول و دوائر العرض).
- 2- قاعدة بيانات طبوغرافية يمكن ربط المعلومات الجغرافية المختلفة من خلالها ببعضها .
- 3- بيانات عن سطح الأرض والتي تكون مرجعاً لاستعمالات الأرض وملكيته ومعلومات ديموغرافية متنوعة .

وتستخدم GIS على نطاق واسع في تحليل مظاهر سطح الأرض والتعرف على نوع التضاريس في منطقة الدراسة حيث تضم المعلومات التي توفرها برامج تلك النظم بيانات مكانية مورفومترية أي قياسية تشمل إبعاد تلك الظاهرة وطبيعة الانحدار وبيانات وصفية عن موقع وموضع الظواهر وعلاقتها بما يحيطها .

كذلك يستخدم GIS في متابعة التطورات التي تشهدها بعض مظاهر سطح الأرض مثل السواحل أو تحرك الكتلان الرملية أو عمليات التعرية أو الإرساب النهري وغير ذلك من العمليات الجيومورفولوجية التي يتعرض لها سطح الأرض حيث يتميز نظم GIS بقدرات وقابليات لا تمتلكها برمجيات أخرى ومنها (تحليل نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model إذ تستطيع GIS بناء نماذج ثلاثية الأبعاد 3D للموقع الجغرافي عندما يمكن تمثيل طبوغرافية هذا الموقع بنموذج بيانات (إحدائيات (Z,X,Y أي(طول وعرض و ارتفاع)ويمكن استخدام البيانات المشتقة من DEM في تحليل ظواهر البيئة والمشاريع الهندسية التي تتأثر دراستها بالارتفاع أو الميل كما في دراسة الغابات والإرساب النهري .

ويسمح الإظهار البصري في الحاسوب P.C بعرض DEM في شكل 3D من أية زاوية مطلوبة كاستخدام المهندسون DEM لمعرفة الأسلوب المناسب في حجب منشأ جديد من التضاريس المحيطة مثل منجم مفتوح وتقدير كمية الحجب الإضافي اللازمة لإخفاء المنشأ أو تقليل مستويات الضجيج الناجمة عنه .

د - نظام تحديد المواقع العالمي GPS (المحاضرة الثانية)

تعد البيانات التي يتم الحصول عليها من أقمار تحديد المواقع العالمي Global Positioning System من مصادر المعلومات المهمة التي تعتمد عليها الـ GIS والتي يستفاد منها الباحثون في مجالات متعددة , ولا يحتاج ذلك إلى جهود كبيرة بل يتم استخدام أجهزة يدوية سهلة الاستعمال مثل Motorola والـ Garmin ومن خلالها يمكن الحصول على ما يأتي :-

أ- الإحدائيات الجغرافية للموقع (خطوط الطول ودوائر العرض) .

ب- ارتفاع الموقع عن سطح البحر .

ج- أنجاه وسرعة المركبات والسفن والطائرات والمسار الخطي إلى الهدف المحدد ووقت الوصول إليه والتعرجات في المسار .

يمكن استخدام تلك المعلومات في تصميم قاعدة معلومات جغرافية بسرعة ودقة وقراءة تلك المعلومات بواسطة برامج GIS و Erdas .

ومن مزايا النظام :-

■ لا يحتاج إلى وجود رؤيا متبادلة بين النقاط الموجودة في الأعمال المساحية .

■ يوفر معلومات طول الوقت وفي أي مكان على سطح الأرض .

- لا يتأثر بالظروف المناخية - وذو كفاءة عالية على توفير المعلومات .
- لا يحتاج استخدام هالي أيدي عاملة كثيرة - تحديد المكان والزمان بدقة عالية .
- تتوفر أجهزتها بأسعار متفاوتة حسب الغرض .

وتوفر أُل GPS بيانات عن الموقع الجغرافي حيث البعض منها يوفر معلومات عن النقاط والخطوط والمضلعات وتخزينها في طبقات منفصلة مثال ذلك للحصول على معلومات الآبار في قرية حيث يقوم مستخدم الجهاز GPS أولاً بإنشاء جدول تخزين البيانات الوصفية (معجم البيانات) يتضمن أسم المالك , رقم الترخيص , عمق البئر , ثم يجري مسح ميداني لرصد الموقع المطلوب عن الآبار .

هـ - التحري الموقعي (الدراسة الميدانية أو الحقلية) .

إن المعلومات التي توفرها بيانات المكتبة والـ R.S مهما كانت دقيقة لا تغني عن التحري الموقعي لغرض الوقوف على الحقائق ميدانياً والتعرف على الخصائص الشكلية والتكوينية لمظاهر السطح المختلفة من خلال إجراء الفحوص المختبرية والقياسات المختلفة التي تؤكد صحة المعلومات المتوفرة , لذلك يقوم الباحث بأجراء المسح الميداني بنفسه بعد توفر المعدات اللازمة لذلك وهي :-

أ- خريطة طبوغرافية لمنطقة الدراسة تتضمن المعلومات الأساسية للمنطقة لتسهيل عملية تثبيت المعلومات عليها .

ب - مستلزمات الدراسة الميدانية ومنها الآتي :-

- 1- أجهزة قياس الأبعاد الرأسية و الأفقية مثل Clinometers لقياس الانحدارات أو جهاز قياس المساحة وشريط معدني لقياس الأبعاد المختلفة .
- 2- جهاز قياس حموضة التربة PH .
- 3- أجهزة قياس التصريف المائي كالقائمة المدرجة وجهاز قياس لسرعة التيار Current meter وزورق لقياس أبعاد الجزر وتقدم الضفاف .
- 4 - معدات للتحري عن المكونات السطحية وتحت السطحية كالمجرفة والمطرقة والفأس وأكياس لجمع النماذج التي يتطلب فحصها مختبرياً كالتربة والصخور .
- 5 - جهاز GPS لقياس ارتفاع المنطقة عن سطح البحر وتحديد إحداثيات المنطقة .

ج - العناصر والجوانب التي تشملها الدراسة الموقعية :-

- 1- التكوينات السطحية وتحت السطحية (تربة - صخور) .
- 2 - النظام الهيدرولوجي السطحي وتحت السطحي (الجوفي) .

3 - النظام البيئي السائد (صحراوي - زراعي - جاف - رطب - مستنقعات) وطبيعة المناخ السائد والنظام البايولوجي القائم .

4 - النشاط البشري في منطقة الدراسة والمشاكل الطبيعية التي تتعرض لها بعض الأنشطة .

5- العمليات الجيومورفولوجية المؤثرة في مظاهر السطح والنشاط البشري عند المسح .

6 - الموارد الطبيعية المتوفرة في منطقة الدراسة والتي يمكن استخدامها في بعض المشاريع و الأنشطة القائمة أو التي ستقام في المستقبل .

7 - طبيعة التضاريس وخصائصها ويتم التعرف عليها بأجراء قياسات لإبعاد بعض عناصرها والمتمثلة بما يأتي :-

أ - درجة تضرس المنطقة :-

تتضمن كل منطقة تضاريس قد تكون متنوعة يتم التعرف على طبيعة امتدادها و أبعادها بالنسبة للمساحة الكلية لمنطقة الدراسة ويجري حساب ذلك من خلال درجة تقارب أو تباعد المرتفعات والمجاري النهرية العميقة التي من خلالها يمكن معرفة طبيعة تضرس المنطقة , حيث يكون شديداً في المناطق التي تتقارب فيها المرتفعات والمجاري المائية وبسيطاً في المناطق التي تتباعد فيها .

ب - طبيعة التضرس المحلي :-

إن التعرف على طبيعة التضرس المحلي يتطلب إجراء قياسات منها :-

1- متوسط منسوب أجزاء المنطقة بالنسبة إلى مستوى سطح البحر , إذ يتم تقسيم المنطقة إلى أقسام متجانسة ومن ثم قياس كل قسم على حدة .

2- متوسط البعد الرأسي بين أعلى وأقل منسوب للمرتفعات والمنخفضات في منطقة الدراسة بالنسبة إلى سطح البحر لتحقيق ذلك تقسم الخريطة للمنطقة إلى مربعات متساوية مساحة كل مربع 1 كم² ثم يحدد أعلى وأدنى نقطة في كل مربع ومنها يتضح الوضع التضاريسي .

ج - معدل ارتفاع المنطقة :-

يتم ذلك من خلال نسبة مساحات أجزاء تلك المنطقة المرتفعة والمنخفضة بالنسبة للمساحة الكلية ويستخدم لهذا الغرض خريطة كنتورية للمنطقة يتم قياس مساحات أجزاء المنطقة باستخدام أجهزة قياس مختلفة منها البلانوميتر كما تطبق المعادلة الآتية :-

$$\text{م س} = \frac{\text{م - ق}}{\text{س}}$$

- حيث إن :
- م س - معدل ارتفاع الجزء المراد قياسه
 - م - متوسط ارتفاع الجزء المراد قياسه
 - ق - أقل منسوب في الجزء الذي تم قياسه
 - س - السطح المحلي (البعد بين أعلى وأقل منسوب في المساحة الكلية)

د - قياس انحدارات المنطقة وعمل خرائط وأشكال ومقاطع لها تتضمن رموز وعلامات تعبّر عن طبيعة انحدارات السطح من حيث الشكل والدرجة .

هـ - تصنيف مظاهر السطح في منطقة الدراسة :-

يقوم الباحث بتمييز مظاهر السطح المختلفة في منطقة الدراسة وتصنيفها إلى مجاميع متباينة وربما يكون ذلك حسب العامل المسبب في تكوينها وكما يأتي :-

1- مظاهر ناتجة من اختلاف بنية وتركيب الطبقات الصخرية وتسمى بالمظاهر التركيبية مثل الحافات الصخرية والمصاطب والشواهد أو الموائد الصخرية والكويستات .

2- أشكال أرضية ناتجة من عمليات التعرية والإرساب النهري كالمنعطفات والبحيرات الهلالية والمدرجات النهرية والجزر والدلتوات والسهول الفيضية .

3- مظاهر الجريان السطحي في منطقة الدراسة وأنماطه وعلاقة ذلك بطبيعة التكوينات وميل الطبقات فبعض المجاري تتبع ميل الطبقات في جريانها وأخرى معاكسة له .

4 - مظاهر ناتجة عن الأنزلاقات والانهيارات والهبوط وزحف التربة .

5 - مظاهر ناتجة عن العمليات الباطنية البطيئة والسريعة كالحركات الأرضية والعمليات التكتونية في رفع أو انخفاض وزلازل وبراكين .

6 - أشكال تكونت بفعل عمليات التعرية والإرساب بالرياح والجليدي .

أن تصنيف مظاهر سطح الأرض يتم بطرق متعددة منها :-

أ - تصنيف المظاهر حسب القوى التي نتجت عنها مظاهر السطح مثل المظاهر الناتجة عن القوى الخارجية مثل العمل الريحي والمائي والجليدي ومظاهر أخرى ناتجة عن عمل القوى الباطنية كالزلازل والبراكين .

ب - تصنيف المظاهر حسب العمليات الجيومورفولوجية مثل المظاهر الناتجة عن عمليات التعرية والإرساب أو عمليات الإذابة والهبوط أو ناتجة عن العمليات الباطنية .

ج - تصنيف مظاهر السطح حسب الدرجة مثل الدرجة الأولى , الثانية , الثالثة .

د - تصنيف مظاهر السطح حسب المستوى مثل تضاريس سالبة وموجبة .

و - عمل قطاعات تضاريسية لسطح الأرض في منطقة الدراسة معها قطاعات مختلفة .

الدراسة الموقعية لتكوينات مظاهر السطح (الصخور والتربة): (المحاضرة الثالثة)

تتكون القشرة الأرضية من طبقات صخرية يتباين سمكها من مكان لآخر ويغطي تلك الطبقات في معظم الأماكن طبقة هشة من التربة متباينة السمك في حين تظهر الصخور مكشوفة على سطح الأرض في بعض المناطق .

أولاً- الصخور Rocks :

تكونت الصخور والرواسب المعدنية في ظروف وبيئات معينة ساعدت في وجودها في ذلك الوقت لذا توجد في مناطق دون أخرى و لا يمكن إعادة توزيعها.

فالصخور توجد بأنواعها في القشرة الأرضية وبنسب متباينة من مكان لآخر حسب الظروف والعوامل التي أسهمت في تكوين كل نوع وقد ساعدت الظروف الجيولوجية والمناخية على إحداث تغيرات في خصائص صخور بعض المناطق فحولتها إلى نوع آخر وهذا ما يسمى بدورة الصخور في الطبيعة .

لزيادة الإيضاح سيتم تناول أنواع الصخور بشكل مختصر وبقدر ما يتعلق بالجوانب الأساسية التي لها صلة بموضوع الدراسة ومنها الخصائص الطبيعية للصخور وعلاقتها بالنشاط البشري ، وتحتاج دراسة

الصخور التحري عنها موقعيا للتعرف على نوعها وخصائصها وطبيعة امتدادها والتي يتم تمثيلها بخرائط و إشكال توضيحية وتتطلب تلك الدراسة إن يقوم الباحث بما يأتي :

- 1 -البحث عن مكاشف الطبقات الصخرية كسفوح الأودية و الأجراف النهرية والبحرية والصفوح المقطوعة أو المحفورة إلى مستويات عميقة أو نفق أو غير ذلك .
- 2 -إزالة الطبقات السطحية من التكوينات لأنها لا تمثل التكوينات الحقيقية لتعرضها إلى عمليات تجوية وتعرية وتقع تحت تأثير العناصر المناخية والعوامل المؤثرة الأخرى وتكون تلك الطبقة في الغالب هشة متألفة من التربة والمفتتات الصخرية لذا لا تعطي الصورة الحقيقية للوضع الجيولوجي في تلك المنطقة ويستفاد من هذه الخاصية في التعرف على نشاط عمليات التعرية و التجوية في تلك المنطقة و أسبابها فكلما كانت الطبقة الهشة سميكة يعني إن تلك العمليات نشطة في تلك المنطقة .
- 3 -تحديد عدد الطبقات التي يتضمنها المقطع من خلال أسطح الانفصال التي تقع بين طبقة وأخرى من خلال اللون أو الترسبات أو النسيج.
- 4 -أخذ نموذج من كل طبقة لتحليلها والتعرف على طبيعة تركيبها الكيماوي و الفيزيائي ومن ثم تحديد نوع الصخور حيث يوضع كل نموذج في كيس خاص ويكتب عليه رقم الطبقة حسب تسلسلها من الأعلى أو الأسفل.

في حالة عدم توفر مكاشف للطبقات يمكن الاستعانة بطرق المسح الجيولوجي المتنوعة منها :

- 1.**الحفر أو التنقيب :** إن عملية الحفر يكتنفها بعض الصعوبات وخاصة إذا كان سمك الطبقات كبيرا والصخور صلبة لكن وسائل التكنولوجيا قللت من تلك الصعوبات لذلك تعد هذه الطريقة من الطرق العلمية والعملية في توفير معلومات عن الصخور.
- 2.**الطرق الجيوفيزيائية :** وتعتمد على الخصائص الطبيعية للصخور مثل الكثافة النوعية (النسبة بين كثافة جسم ما (صلب أو مائع) وبين كثافة الماء في درجة حرارة 4 مئوية وتحت 1 ضغط جوي) والخواص المغناطيسية والخواص الكهربائية و الإشعاعية يستفاد منها في التحري عن البترول والمياه الجوفية والمعادن والتعرف على أنواع الطبقات الصخرية المكونة للأرض ومن تلك الأساليب :
أ-طريقة الجاذبية : تختلف الصخور في قوة جاذبيتها من نوع لآخر حسب كثافتها ودرجات واضحة وعلية يمكن تحديد نوع الصخور في المنطقة .
ب-الطريقة المغناطيسية: تعتمد هذه الطريقة على الخواص المغناطيسية للصخور والتي تختلف من نوع إلى آخر حسب كثافتها .
ج-الطريقة الزلزالية أو السيزمية : تعتمد على مرونة الصخور وكثافتها في الاستجابة للموجات الزلزالية التي تستخدم لهذا الغرض .
د- الطريقة الكهربائية : تتباين الصخور في التوصيل الكهربائي من نوع لآخر حسب كثافتها ورتوبتها ونوع المعادن التي تتكون منها .
هـ -الطريقة الإشعاعية : وتستخدم للبحث عن المواد المشعة في الصخور .

ومن خلال تلك الدراسة الموقعية يتم التوصل إلى عدة نتائج مهمة في الجوانب التطبيقية منها الآتي :

أولاً-أنواع الصخور :

1-الصخور النارية Igneous Rocks :

تعد الصخور النارية أقدم أنواع الصخور لذا تسمى بالصخور الأصلية وتوجد في الطبيعة على نوعين جوفية Plutonic تصلبت في أعماق القشرة الأرضية قبل أن تصل إلى سطح الأرض وتبرد ببطيء لذا تكون واضحة التبلور وهي على أشكال في باطن الأرض كالباثوليثو اللكوليثو اللبوليث والسدود والقواطع وغيرها أما النوع الثاني فهي الصخور البركانية السطحية وتنتج عن الانبثاق البركاني القوي الذي دفعها إلى خارج سطح الأرض وتختلف عن الباطنية بدقة تبلورها لبرودتها بسرعة ،تتكون الصخور النارية من عدة أنواع حسب تركيبها الكيميائي وهي:

أ-الصخور الحامضية : هي الصخور التي تحوي نسبة عالية من السليكا تتراوح ما بين 65-80% ونسبة قليلة من المعادن الفيرومغنيسية وتحتوي على نسبة عالية من الكوارتز و الفلس بار وهي معادن قليلة الكثافة فاتحة اللون من أنواعها صخور: Granite-Rhyolite-Pumice-Pegmatite-صخر القار Obsidian-Liparite-Pitchstone.

ب-صخور متوسطة : وهي صخور تحتوي على السليكا بنسبة تتراوح ما بين 52 – 65% ونسبة متوسطة من المعادن الفيرومغنيسية وهي ذات لون فاتح من أنواعها : Diorite – Andesite – Syenite-Trachyte.

ج-صخور قاعدية : وهي الصخور التي تحتوي على نسبة تتراوح ما بين 45 – 52% من السليكا ونسبة عالية من المعادن الفيرومغنيسية وتحتوي معادن ذات ألوان داكنة وكثافتها عالية من أنواعها: Gabbro-Baslt-Diabase.

د-صخور فوق القاعدية : يتميز هذا النوع من الصخور بقلة نسبة السليكا إلى أقل من 45% وتحتوي على معادن تتضمن نسبة عالية من الحديد و المغنسيوم من أنواعها Dunite-Peridotit-Pyroxinite .

2-الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks :

تحتل المرتبة الثانية من حيث النشأة والأولى من حيث الانتشار إذ إن أكثر من 80% من صخور القشرة الأرضية العليا هي رسوبية وتتضمن تلك الصخور بعض المعادن التي تعود إلى الصخور النارية بعد أن تعرضت إلى عمليات مختلفة غيرت من بعض خصائصها الطبيعية التي كانت عليها ومن أهم معادن تلك الصخور هي :

أ-المعادن الطينية Argillaceous : تحتل المعادن الطينية المرتبة الأولى في مكونات الصخور الرسوبية حيث والي 80% من تلك المكونات والمتمثلة بسيليكات الألمنيوم المائية (Al₂SiO₂).

ب - الكوارتز : يعد من المعادن الأساسية للرمال والصخور الرملية وتشكل حوالي 10٪ من مكونات الصخور الرسوبية .

ج-الكالسايت: يوجد هذا المعدن على نطاق واسع في الصخور الجيرية والذي يعمل على تماسك حبيبات الصخور الخشنة .

د-أكاسيد الحديد : يعد الهيماتيت و الليمونيت من أهم تلك المعادن والتي توجد في الرمال السوداء كما تمثل احد المواد اللاصقة في الصخور الرملية .

هـ -الجبس Gypsum : كبريتات الكالسيوم المائية .

و-الهالايتHalite: كلوريد الصوديوم .

يوجد المعدنين الأخيرين في رواسب البحيرات المالحة بعد تبخر مياهها .

والصخور الرسوبية على أنواع مختلفة حسب طريقة تكوينها وتركيبها الكيميائي ومنها الاتي :

أ-الصخور الرسوبية الميكانيكية (الفتاتية) Clastic Sedimentary Rocks :

يتكون هذا النوع من مفتتات صخور مختلفة بعد تعرضها إلى عمليات تجوية وتعرية ونقلتها المياه والرياح ورسبتها في مناطق منخفضة دون أن يحدث أي تغيير في خصائصها الكيميائية وهي ذات مسامية عالية تسمح للمياه بالانتقال خلالها بسهولة من مكان إلى آخر وقد أدى ذلك إلى ترسيب ما تحمله تلك المياه من أملاح ومعادن في المسامات الواقعة بين المفتتات فعملت على التحامها وتماسكها وزيادة صلابتها ومن أهم تلك المواد اللاصقة الكالسايت و الدولومايت والكوارتز و أكاسيد الحديد . وقد تعمل المياه على إذابة بعض مكونات الرواسب ونقلها وترسيبها في مكان آخر كما تؤدي عمليات الترسيب بكميات كبيرة إلى زيادة الضغط المتولد عنها على الطبقات التي تحتها فتقل المسامات فيها ومن ثم طرد المياه التي كانت تشغل تلك الفراغات ومن أمثلة ذلك الطفل Shale الذي يتضمن حوالي 45٪ مسامات تنخفض إلى 5٪ بعد تعرضه إلى الضغط.

والصخور الرسوبية الميكانيكية على أنواع مختلفة منها الاتي :

1-صخور المكثلات Conglomerate : تتكون من التحام الحصى والجلاميد والرمال وقطع الصخور مع بعضها وتكون ذات صلابة عالية إذا تضمنت نسبة عالية من السليكات.

2-الصخور الرملية Sandstone: ناتجة عن تماسك ذرات الرمل بواسطة مواد مختلفة النوع واللون مثل أكاسيد الحديد و كربونات الكالسيوم و السيليكا ت وقد أسهمت تلك المواد في تغيير لون تلك الصخور فأكاسيد الحديد تجعلها مائلة إلى الاحمرار و كاربونات الكالسيوم تميل نحو البياض والسيليكات نحو الأزرق كما إن تلك المواد ذو صلابة عالية مثل السليكات في حين تكون كربونات الكالسيوم ضعيفة لأنها سهلة الذوبان في الماء فتمهد لعمليات التجوية والتعرية وتوجد بعض الصخور الرملية مائلة إلى السواد لاحتوائها على بعض المعادن المشعة مثل اليورانيوم و الثر يوم وغيرها .

3-صخور البريشا Breccias: يشبه هذا النوع من الصخور المكثلات في نوع المكونات إلا إن الفرق بينهما في شكل تلك المكونات حيث تكون ذات أطراف حادة وإطراف مدببة .

4-الصخور الطينية Clay stone : وتتكون من مواد طينية مختلطة بمواد أخرى كلسيه أو عضوية التي تعمل على تنوع لونها حسب نوع الأكاسيد التي تتضمنها مثل أكاسيد الحديد و المنغنيز وتجعلها مائلة إلى اللون الأحمر أو الأصفر أو الأخضر في حين تميل إلى اللون الأسود إذا ارتفعت نسبة الجير (كربونات الكالسيوم) وتسمى طينية جيرية أو ال Marl ويحتوي الطين على 15٪ من الماء وعندما يفقدها يتحول إلى حجر طيني Mudstone وقد يكون الحجر الطيني على شكل طبقات رقيقة نتيجة للضغط الذي تتعرض له قبل أن تجف وتتحول إلى حجر طيني صفائحي أو الطفل Shale .

ب-الصخور الرسوبية الكيميائية Chemical Sedimentary Rocks :

وهي صخور ناتجة عن حدوث تفاعلات كيميائية بين محاليل متنوعة ينتج عنها كربونات و بيكاربونات تتحد مع بعضها مكونة عدة أنواع من الصخور الرسوبية الكيميائية المتباينة في تراكيبها المعدنية ومنها الآتي :

1-صخور الكلس: تتكون عندما تترسب كربونات الكالسيوم في المحاليل الجيرية الحاوية على كربونات الكالسيوم الهيدروجينية ومنها الصخور الجيرية المتكونة من معدن الكالسايت ($CaCO_3$) المترسب في مياه البحر ، الدولومايت Dolomite الذي يشبه حجر الكلس إلا انه يتكون من معدن الدولومايت ($CaMg(CO_3)_2$) و الترافترين .

2 - صخور تبخيرية (ملحية) : ناتجة عن ترسبات ملحية ومنها الجبس الذي يسمى كبريتات الكالسيوم المائية و الانهيدرات وتسمى كبريتات الكالسيوم اللامائية والملح الصخري و كلوريد الصوديوم .

3-صخور سليكية : يوجد هذا النوع من الصخور قرب الينابيع الحارة مثل الصوان Chert الناتج عن ترسب السيليكا المذابة في المياه الحارة .

ج-الصخور الرسوبية العضوية Organic sedimentary Rocks:

يوجد هذا النوع من الصخور على أنواع حسب تركيبها الكيميائي ومنها :

1-حجر الكلس العضوي : ويعد أكثر أنواع الصخور انتشارا وهو ناتج عن بقايا الحيوانات والنباتات المحتوية على كربونات الكالسيوم أو الجير.

2-صخور طباشيرية : وهي ناتجة عن تحلل نوع من الحيوانات التي تحوي على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم وتكون ناصعة البياض .

3-صخور فوسفاتية : وتشمل الصخور التي تحتوي على نسبة عالية من فوسفات الكالسيوم الناتجة عن تحلل بعض الحيوانات البحرية .

4- الفحم الحجري : وهو من أصل نباتي ينتشر في مناطق الغابات التي غمرتها المياه وطمرت الرواسب بطبقات سميكة أدت إلى توليد ضغط وحرارة شديدين أسهما في تغيير خصائص تلك النباتات المطمورة وعلى مراحل أخرها الانتراسايت الذي يمثل الفحم الحجري .

3-الصخور المتحولة Metamorphic Rocks.

وهي صخور نارية ورسوبية قديمة تعرضت إلى عمليات ضغط شديد أو حرارة عالية أو كليهما فأدت إلى تغيير خصائصها الكيميائية عما كانت عليه لذا تسمى بالمتحولة ومن مميزاتها إنها تتعرض إلى التقشر بسهولة عند تعرضها إلى عمليات التجوية والتعرية ومن أنواعها ما يأتي :

أ-صخور متورقة Foliated Rocks : ويتميز هذا النوع بأنها متورقة لتعرضها إلى ضغط كبير وحرارة منخفضة وتعد تلك الصخور سهلة التكسر باتجاه التورق ومن أنواعها الإردواز Slate والفييلات Phyllite و الشست و الناييس و الامفيولايت .

ب-صخور غير متورقة Non-Foliated Rocks: ويعد هذا النوع صلبا لأنه غير متورق وتكونت بفعل الحرارة الشديدة ومن أنواعها الهورنفلسHornfles والرخام Marble و الكوارتزيت Quartzite و السربتينات .

ج-صخور كاتاكلاستيكية Cataclastic Rocks: يتكون هذا النوع من الصخور نتيجة التحول الديناميكي الناتج عن الضغط دون التأثير الحراري ويكون بعضها متورق والبعض الآخر غير متورق ومن أنواعها المايلونيت.Mylonite

ثانيا- الخصائص الكيميائية والفيزيائية للصخور :

1-التركيب المعدني :

تتباين الصخور في تركيبها المعدني وهذا ما يميزها عن بعضها لاختلاف خصائص تلك المعادن حسب مصدر نشأتها حيث تكونت تلك المعادن بعدة طرق منها :

أ-التبلور المباشر من الصهير البركاني وخاصة معادن الصخور النارية .

ب-التبلور في محاليل مائية مثل الصخور الرسوبية الكيميائية .

ج-إعادة ترتيب معادن عناصر أو ذرات معادن سابقة التكوين إذ يترتب على ذلك إزالة أو إضافة بعض العناصر أو الذرات كما هو الحال في الصخور الميكانيكية .

د - تحلل بعض المركبات العضوية فتتحرر بعض المعادن والعناصر منها والتي تتحد مع بعضها مكونة بعض الصخور مثل الصخور الرسوبية العضوية.

هـ - تغير خصائص بعض المعادن نتيجة للضغط والحرارة الشديدين مثل الصخور المتحولة.

وبما إن الصخور تنتشر في الطبيعة بأنواع مختلفة وفي بيئات متباينة لذا تباينت قوة تأثير تلك المعادن بعمليات التجوية والتعرية اعتمادا على نوع المعادن التي تتضمنها تلك الصخور وطبيعة التجوية والتعرية وعلى العموم تكون الصخور النارية أقل تأثرا من الصخور الرسوبية بعمليات التجوية والتعرية لان الأولى تتكون من الكوارتز الذي يعد من المعادن الصلبة بينما يسود الصخور الرسوبية الكربونات التي تعد من المعادن الضعيفة المقاومة وحتى النوع الواحد من الصخور يتباين التأثير مثل الصخور النارية الجرانيتية أكثر صلابة من البازلتية لاحتوائها على نسبة عالية من الكوارتز وكذلك الصخور الرسوبية تعد العضوية والفيزيائية منها أقل مقاومة من الكيميائية أما المتحولة فحسب مصدر تحولها فالمتحولة من النارية أكثر صلابة من الرسوبية المتحولة .

يتضح مما تقدم إن التعرف على نوعية الصخور ونوع المعادن المكونة لها لها أهمية كبيرة في إقامة المشاريع المختلفة التي تستخدم تلك الصخور أو تقام فوقه ويجب اختيار النوع المناسب للبيئة لتجنب المشاكل التي يتوقع حدوثها في حالة استخدام نوع غير ملائم للبيئة ويحتاج ذلك للاستعانة بالمختبرات الخاصة بتحليل الصخور لمعرفة نوعها وطبيعتها تركيبها الكيميائي .

2-المسامية Porosity و النفاذية Permeability .

ثالثا-التراكيب الصخرية :

تحتوي الصخور بأنواعها تراكيب متنوعة وتعد مؤشرا على مدى قوة وضعف تلك الصخور ومن أنواعها بشكل موجز :

1-التراكيب الأولية : تتضمن جميع أنواع الصخور تراكيب أولية تعود إلى طبيعة تكون تلك الصخور وكيفية وجودها في الطبيعة وتختلف تلك التراكيب حسب نوع الصخور وكما يأتي :

أ-التراكيب الأولية في الصخور النارية: تتخذ الحمم البركانية إشكالا متباينة عند تدفقها من باطن الأرض إلى سطحها وذلك حسب درجة لزوجة الصهير وتركيبه الكيميائي و حرارته فالحمم القاعدية كالبازلت ذات لزوجة منخفضة لذا ينساب هذا النوع لمسافات بعيدة أما الحمم الحامضية الجرانيتية عالية اللزوجة لذا تتراكم حول فوهات البراكين ،وتتضمن الصخور النارية تراكيب أولية متنوعة منها :

1-التركيب الفجوي أو اللوزي : تحتوي معظم الحمم البركانية على نسبة كبيرة من الغازات التي تتحرر لانخفاض الضغط المسلط عليها عند خروج الصهير من باطن الأرض وينتج عن ذلك تمدد الصهير في مواقع وجود الغازات فتتكون فجوات بيضوية مثل صخور الخفاف وتعد تلك الفجوات مواضع ضعف في تلك الصخور .

2-تراكيب الحمم الكتلية و الحبلية: يتخذ الصهير البركاني أشكالا مختلفة فوق سطح الأرض حسب كثافته فالصهير عالي اللزوجة يتراكم فوق بعضه مكونة كتل خشنة غير منتظمة بأبعاد متباينة أما

الصهير المنخفض اللزوجة فينسب نحو المناطق القريبة من فوهة البركان مغطيا مساحات واسعة متباينة الارتفاع تتميز بالانتظام والنعومة تشبه الحبال الغليظة ويسود هذا النوع في الصخور البازلتية .

3- تراكيب الحمم الوسادية: ينتشر في الحمم البازلتية التي تنساب ببطيء فتزداد لزوجتها حتى تقترب من التصلب فتتحول إلى كتل طولية متوازية وقصيرة أشبه بالوسادات الطولية .

4- تراكيب انسيابية : يختلف الصهير البركاني في تركيبه الكيميائي والكثافة والمحتوى الغازي ودرجة الحرارة والتبلور وعليه هناك نوعان من التراكيب الانسيابية :

أ-تركيب انسيابي مسطح: يظهر في الصخور التي تحتوي معادن مسطحة مرتبة بشكل متوازي .

ب-تركيب انسيابي خطي: يسود هذا النوع في الصخور التي تحتوي معادن أبرية أو منشورية بشكل متوازي أو شبه متوازي .

ب-التراكيب الأولية في الصخور الرسوبية :

تتضمن الصخور الرسوبية تراكيب أولية أكثر من بقية أنواع الصخور؟ والمتمثلة بالاتي :

1-التطبيق والترقق : تعد الصخور الرسوبية أكثر أنواع الصخور تغييرا في مظهرها الراسي لأنها تتكون من طبقات متميزة ترى بالعين المجردة وكل طبقة ذات مستويين متميزين علوي وسفلي وسماك متباين يتراوح ما بين 1سم-عدة أمتار فكل طبقة تختلف من حيث اللون-النسيج-حجم الحبيبات التركيب المعدني لان كل طبقة تكونت في ظروف معينة جعلتها متميزة عما فوقها أو تحتها من طبقات ،يوجد نوعان من التطبيق في الصخور الرسوبية :

أ-تطبيق مباشر أو أساسي: يتكون هذا النوع منذ ترسيب الطبقات واتخاذها الشكل النهائي وقبل أن تتعرض لأي تغيير .

ب-تطبيق غير مباشر أو ثانوي : يتكون هذا النوع عندما تتعرض الرواسب إلى عمليات تعرية و تجوية وتحت ظروف معينة وتنقل المواد إلى أماكن أخرى فتتكون طبقات جديدة تختلف في وضعها عما كانت عليه في السابق .

أما الترقق فيقصد به احتواء بعض الطبقات الصخرية على معادن قرصية و صفيحي رقيقة جدا يصعب تمييز حجم حبيباتها المعدنية بالعين المجردة .

2-التطبيق المتدرج : يظهر هذا النوع في الصخور التي تتكون من حبيبات مختلفة الحجم مثل الحصى والرمل والطين فتكون الخشنة في الأسفل ثم تلوها المتوسطة الخشونة وفي الأعلى الناعمة .

3-التطبيق المتقطع : ويحدث هذا النوع بشكل غير متوازي التطبيق لمستوى الترسيب ويكون بشكل مائل ويعود ذلك إلى طبيعة الترسيب الذي يكون بشكل منقطع وغير مستمر وفترة الانقطاع طويلة وعند تكرار عملية الترسيب ورغم امتدادها بشكل أفقي وبمستوى الطبقة السابقة وهذا يعني إن الشكل الخارجي لا يعبر عن طبيعة امتدادها ولذلك يسمى هذا النوع بالتطبيق الكاذب ويعود تكوينه إلى التيارات المائية المختلفة السرعة والاتجاه، وقد لا تتشابه الطبقات في نوع الترسبات وحجمها ويعود ذلك إلى

سرعة التيار فكلما كان سريعا ازدادت قدرته على حمل الرواسب ومنها الخشنة والعكس صحيح فتظهر طبقات خشنة إلى جانب طبقات من الأعلى أو الأسفل ناعمة مما يقلل من تماسك تلك الطبقات ويضعف قوتها فتؤثر فيها عمليات التجوية والتعرية بسرعة .

إلا إن تعرض بعض المناطق الى حركات تكتونية أو ألتوائية أثرت على طبيعة امتداد تلك الصخور فأدت إلى التواء الطبقات الحديثة التكوين وانكسار الطبقات القديمة تتوقف شدة التأثير على قوة الحركة وتظهر آثار التشويه في طبقات الصخور الأفقية المتعرضة للانكسار ويرافق هذا التغير عمليات التجوية والتعرية أكثر من السابق وحدث ترسيب لاحق وينتج عن ذلك حالات عدم توافق وبأشكال مختلفة منها :

أ-عدم توافق زاوي : يتكون هذا النوع في الصخور الرسوبية التي تتعرض طبقاتها القديمة السفلى إلى نشاط تكتوني قبل ترسيب الطبقات الحديثة العليا فيؤدي إلى ميل الطبقات القديمة عن وضعها الأفقي في حين تمتد الحديثة بشكل أفقي فينتج عدم توافق بين الطبقتين وعلى شكل زاوية لذلك يسمى بالزاوي .

ب-عدم توافق تخالفي: يظهر هذا النوع في المناطق التي ترسبت فيها الصخور الرسوبية فوق النارية أو المتحولة فتكونت أسطح عدم توافق بين نوعي الصخور المختلفة في خصائصها الطبيعية لذلك يسمى تخالفي .

ج-عدم توافق انقطاعي : يوجد في الطبقات الصخرية المتشابهة في تركيبها الكيميائي والفيزيائي إلا أنها غير متوافقة الامتداد لأنها تكونت في فترات مختلفة أي تكونت الطبقة القديمة وتعرضت إلى عمليات التجوية والتعرية أدت إلى تآكل أجزاء مختلفة من تلك الطبقة بحيث تنخفض الأجزاء الضعيفة وتبقى الأجزاء القوية مرتفعة وبعد ذلك تحدث عمليات إرساب لاحقة تؤدي إلى تكوين طبقات حديثة فوق القديمة والتي لا تتوافق معها في الامتداد رغم التشابه في التكوين .

د-عدم توافق غير واضح : يظهر هذا التركيب في الطبقات التي تتكون من عدة طبقات تتضمن بينها طبقات محدودة السمك والمساحة ومختلفة النوع والتركيب فتتكون أسطح عدم توافق موازية للامتداد الأفقي مثل وجود طبقة من الصخور المتحولة وسط طبقات من الصخور الرسوبية ولا يسهل تمييزها لذا تسمى عدم توافق غير واضح.

هـ-عدم توافق متموج : يوجد هذا النوع في الصخور الرسوبية حديثة التكوين التي تعرضت إلى حركات إلتوائية وتكتونية عملت على التوائها ثم تعرضت إلى عمليات تجوية وتعرية لفترة طويلة مما أدى إلى تآكل الأجزاء العليا وخاصة الضعيفة منها وبقيت الأجزاء الصلبة تعلو ما حولها حيث تركزت التعرية في الأجزاء المحدبة في حين تعرضت المقعرة لعمليات ترسيب أدت إلى رفع مستواها فيظهر سطحها متموجا وبعد فترة زمنية طويلة تتعرض تلك المنطقة إلى عملية ترسيب لاحقة ينتج عنها تكون طبقات حديثة تختلف في التركيب المعدني والامتداد عن القديمة فتظهر حالة عدم توافق واضحة أكثر من غيرها .

و-عدم توافق انكساري : يظهر هذا التركيب في الصخور الرسوبية القديمة التكوين التي تعرضت الى حركات مختلفة أدت إلى انكسار الطبقات فاتخذت أشكالا مختلفة عن الوضع الذي كانت عليه إذ ارتفعت أجزاء وانخفضت أجزاء بحيث اتخذت وضعاً مائلا عن الوضع الأفقي فيتغير الوضع الطبيعي للطبقات

فتتعرض لعمليات التجوية والتعرية ومن ثم لعملية ترسيب لاحقة ينتج عنها طبقات جديدة تختلف في تركيبها وامتدادها عن الطبقات القديمة ويظهر هذا النوع من عدم التوافق أكثر من الأنواع الأخرى . إن لهذه التراكيب أهمية كبيرة من الناحية الاقتصادية لأنها تمثل مكامن لتجمع المعادن والمياه والنفط ، إلا أنها ذات مخاطر على المشاريع الهندسية التي تنفذ فوق تلك المناطق .

2-التراكيب الثانوية :

أ-الفواصل Joints : هي مستويات أو أسطح انفصال توجد في جميع أنواع الصخور وتكون بأشكال مختلفة حسب طبيعة تكون كل نوع من الصخور يمثل بعضها حدود فاصلة بين طبقة وأخرى والبعض الآخر يوجد ضمن الطبقة الواحدة وإنها لا تؤدي إلى حركة الكتل الصخرية التي تفصل بينها بل تضعف من تماسكها وتجعلها عرضة لعمليات التجوية والتعرية ، وتظهر الفواصل بكثرة في الصخور الرسوبية وتكون في اتجاهات متعامدة وأفقية وعلى مسافات متباينة تتراوح ما بين عدة سنتيمترات إلى عدة أمتار وتقل تلك الفواصل في الصخور النارية لأنها كتلية وتظهر في الصخور الجرانيتية أكثر من البازلتية ، وتساعد تلك الفواصل على انفصال الكتل الصخرية التي تفصل بينها تلك الفواصل إذا تعرضت الكتل الصخرية إلى قوى مؤثرة تعمل على إزاحتها من أماكنها ، إن بعض مستويات الانفصال تكون مجمعة أو متموجة نتيجة لانكماش الصهير بعد تبرده بالنسبة للصخور النارية الجرانيتية لتعرضها إلى حركات أرضية بطيئة ويظهر أيضا في المناطق التي تعرضت إلى حركات المد والجزر والمناطق الرملية التي تعرضت إلى رياح عملت على تجمعها بشكل متموج أي تكون ظاهرة النيم وبمرور الزمن وتحت تأثير عوامل مختلفة تماسكت وتصلبت بحيث حافظت على شكلها بعد أن ترسبت فوقها طبقات غير متشابهة لها في نوع الرواسب لذا تبقى أسطح الانفصال بينهما وبشكل متموج.

تساعد الفواصل بشكل عام على تنشيط عمليات التجوية والتعرية وإضعاف قوة تماسك الصخور والذي تنعكس آثاره على النشاط البشري القائم فوق تلك المناطق.

ب-الثنيات أو الطيات Folds : تتكون نتيجة تعرض الطبقات الصخرية إلى حركات أرضية مختلفة وتكون واضحة في الطبقات الحديثة التكوين وقليلة الصلابة إذ تتكون ثنيات محدبة Anticline أو مقعرة Syncline وتكون على أنواع كالمتمائلة و الاحادية الميل والمقلوبة والمضطجعة و القبابية وتعد هذه التراكيب الثانوية ذات أهمية كبيرة حيث تمثل بعض تلك الطيات مكامن جيدة لتجمع الرواسب المعدنية أو النفط أو المياه الجوفية إلا إنها ذات مخاطر بالنسبة للمشاريع الهندسية كالعمران والطرق والجسور والسدود والخزانات لما ينتج عنها من مشاكل موضعية حسب نوع تلك الطيات والصخور المكونة لها وطبيعة المشروع .

ج-الفوالق و الصدوع Faults : تظهر الفوالق في المناطق التي تتعرض إلى حركات أرضية بطيئة أو سريعة كالزلازل والبراكين فينتج عنها تحرك الطبقات المنكسرة عن بعضها أفقيا أو رأسيا فيظهر فالق في الطبقات الصخرية قد يكون واضحا في جميع الطبقات العليا والسفلى أو يكون أكثر وضوحا في الطبقات تحت السطحية ويمتد لمسافة طويلة تصل مئات الكيلومترات وبأعماق وسعات مختلفة وتسمى في بعض الأحيان بالظواهر الخطية ولهذه الظاهرة فوائد ومخاطر فهي مكامن لموارد عدة معادن

مختلفة والنفط والقار والمياه الجوفية حيث تظهر العيون على امتداد تلك الفوالق في العديد من مناطق العالم كما ينتقل عبرها بعض المواد السائلة كالنفط والقيور وهذا ما حدث في العراق في منطقة هيت حيث انتقل القار عبر فالق يمتد أكثر من 70 كم من منطقة وجوده في بداية الفالق إلى نهايته في السطح (فالق أبو القير-هيت) وظهر القير نهاية الفالق على شكل عيون وظهرت عيون للمياه المعدنية التي تستخدم للإغراض الطبية وتمت الاستفادة من مياهها للزراعة إلا إنها غير صالحة للشرب. ومن المخاطر الناتجة عن الفوالق أنها تمثل مناطق ضعف وأنها عموماً غير مستقرة وتحت تأثير نشاط تكتوني وهذا له تأثيراً سلبياً على المشاريع التي تقام فوق تلك المناطق أو بالقرب منها وهذا ما حدث في مدينة هيت التي تقع نهاية الفالق حيث ارتفعت مناسيب المياه الجوفية في المناطق المنخفضة من المدينة فأدت إلى تدمير الأبنية ورفع نسبة ملوحة التربة .

رابعاً - عناصر الضعف في الصخور :

تختلف الصخور عن بعضها في عناصر الضعف والقوة لذا تتباين في استجاباتها لعوامل التجوية والتعرية والحركات الأرضية وتتأثر الصخور بعناصر داخلية تتمثل بتركيبها المعدني ونسيجها وطبيعتها امتدادها وما تتضمنه من مسامية وأسطح انفصال التي تؤدي كثرتها إلى إضعاف الصخور لتركز عمليات التجوية والتعرية فيها فتقلل من قوة الصخور ومقاومتها كما يكون لتبلور المعادن المكونة للصخور أثر في ذلك فالمعادن القديمة التبلور تكون أقل مقاومة لعمليات التعرية والتجوية من الحديثة التبلور مثال ذلك الأوليفين أقدم المعادن تبلورا والكوارتز أحدث تبلورا ولكن الأخير أكثر مقاومة من الأول ، أما العناصر الخارجية فتتعلق بالبيئة التي توجد فيها الصخور (رطبة - جافة - حارة - باردة) أي لكل بيئة تأثير متميز عن غيرها وبدرجات متفاوتة ، وتختلف الصخور عن بعضها من حيث نظامها المفصلي والبنية وميل الطبقات وهذا ما يجعل الاستجابة للعمليات الحيوغولوجية متباينة من نوع لآخر وقد تكون المفاصل منتظمة وغير منتظمة وقد تكون الكسور والشقوق قريبة من سطح الأرض أي في الجزء الخارجي من الصخور وبعضها متصلًا و الأخر غير متصل أي لا تتقاطع مع بعضها وقد تسهم الحركات الأرضية في تغيير بعض المظاهر من خلال رفع بعض المناطق وخفض أخرى والذي يخضع بدوره إلى عمليات التجوية والتعرية التي تسهم في تغيير المظهر العام للأرض وهذا التغيير يترتب عليه تغيير البنية والتركيب المعدني للتربة والصخور والتي تنعكس آثارها على تلك التكوينات فنزيد من صلابتها أو تضعفها مما يؤثر في النشاط البشري كمحصلة نهائية عموماً يمكن تمييز نوعين من الضعف الصخري هما :

1-عناصر ضعف نوعي : تعود الى نشأة الصخور وظروف تكوينها وتركيبها الكيميائي و خصائصها الفيزيائية كالنسيج والمسامية و النفاذية والمادة اللاصقة ولون الصخور وطبيعة بنائها الطبقي ونظامها المفصلي .

2-عناصر مكتسبة : وهي ناتجة عن أثر البيئة التي توجد فيها الصخور عند تكوينها أو بعده وما ينتج عنه من شقوق و صدوع وميل طبقات وانقطاعها وارتفاعها وهبوطها أي نتيجة الحركات التكتونية وتأثير المناخ والمياه الجارية والسطحية يعد عامل المناخ من أكثر العوامل الخارجية وضوحاً في التأثير ويكون من خلال :

أ-أثر الحرارة : من المعروف إن الصخور مواد رديئة التوصيل للحرارة فيسخن سطحها أسرع من داخلها مما يولد ضغط و إجهاد في الصخرة مسببا تشقق أسطحها وتكسرها ويسمى هذا النوع من التجوية بالعزل ويحدث في المناطق الصحراوية بسبب التغير الفصلي واليومي ويظهر بتأثير أكبر في الصخور الرسوبية المائلة إلى اللون الأسود والأحمر لاحتوائها على أكاسيد الحديد أو مواد عضوية والتي تسهم في امتصاص كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي مما يؤدي إلى رفع حرارة الأجزاء الخارجية من تلك الصخور فتزيد من سرعة تكسرها أكثر من الصخور الخالية من تلك المواد .

ب-الهدرجة Hydration : يترتب على تحول المعادن من نوع لأخر كبر حجمها فيؤدي ذلك إلى تفتت وتشقق الصخور التي تحدث فيها هذه الظاهرة مثل تحول الانهيدرايت إلى جبس والذي يزداد حجمه 33% وكذلك بالنسبة إلى بعض المعادن الطينية مثل المنتمورولنايت الذي يمتص الماء فيزداد حجمه من 14-17 أنكستروم مسببا ضغطا كبيرا على ما يوجد فوقه فيعمل على تدمير الأبنية التي تقام فوقه إذا كان بكميات كبيرة .

ج-عمليات التمدد والانكماش: وتحدث في بعض التكوينات الطينية والناجمة عن ظاهرتي الرطوبة والجفاف .

د-الإذابة : تتباين المعادن و الأملاح في قابليتها للذوبان بالماء وتعد معادن الفلسبار من المعادن التي لها قابلية كبيرة على الذوبان وكذلك بالنسبة للأملاح فمنها سريع الذوبان بالماء مثل كلوريد الصوديوم و المغنسيوم في حين يكون الجبس اقل قابلية و كربونات الكالسيوم بطيئة الإذابة وقد يساعد CO2 الذائب في الماء على زيادة نسبة إذابة المعادن و الأملاح ويسبب في رفع حامضية التربة والصخور PH نتيجة لتركز أيون الهيدروجين .