جامعة الانبار

كلية التربية للعلوم الإنسانية

القسم العلمي: الجغرافيا

المرحلة الدراسية: الثانيه

المادة:الجيومورفولوجي الحقلي_

استاذ الماده : دكتور خالد صبار محمد الشجيري

الفصل الأول
علم شكل الأرض والتحري الموقعي

المبحث الأول- تعريف علم شكل الأرض تطوره .

أولا- علم شكل الأرض الوصفي أو العام.

تعد الكرة الأرضية الكوكب الوحيد من بين الكواكب التي جعلها الله سبحانه وتعالى صالحة لعيش المخلوقات رغم صغر مساحتها مقارنة بكواكب أخرى مساحتها اكبر منها عشرات المرات, حيث تبلغ مساحتها اكثر من 510 مليون كم^2 يحتل الماء منها حوالي 361مليون كم^2 واليابس حوالي 149 مليون كم^2, ويبلغ محيط الأرض العام حوالي 44 ألف كم, أما قطرها الاستوائي 12757كم وقطرها القطبي أي بين القطبين 12713كم, وتمثل قمة أيفر ست في جبال الهمالايا أعلى الجبال فوق القارات ويصل ارتفاعها الى حوالي 8848م, في حين تمثل قمة مايونكي في جزر هاواي في المحيط الهادي أعلى قمة على سطح الكرة الأرضية ويصل ارتفاعها الى حوالي 10200م, الظاهر منه فوق سطح البحر حوالي 4200م, أما اعمق نقطة في البحار والمحيطات فتتمثل بخندق مارينان الواقع في المحيط الهادي شمال شرق الفلبين ويصل عمقه الى اكثر من 11الف م .

ونظرا لأهمية الأرض بالنسبة للأنسان لذا اهتم بدرستها من جميع الجوانب وظهرت عدة تخصصات لدرستها من جميع الجوانب, وقد كان للارتباط الوثيق بين العلوم المختلفة الأثر كبير في دخول التطور العلمي والتكنولوجي الى كافة حقول المعرفة والتي تصب جميعا في خدمة الأنسان، وعلم شكل الأرض من بين تلك العلوم التي كان نصيبها كبير من التطور منذ القدم, ويعد العلماء العرب والمسلمون أول من كتب في هذا المجال مثل ابن سيناء والبيروني والقزويني واخوان الصفا, وستمر التطور وكان على اوجه في منتصف قرن العشرين.

ولغرض التعريف بهذا العلم لابد من الإشارة الى معنى الجيومورفولوجيا وهي كلمة إغريقية ترجمت الى العربية بنفس الاسم, وتتكون من ثلاثة مقاطع [Geo/morpho/logy] وتعني علم شكل الأرض, ويقابلها بالا إنكليزية[Landform] ويتناول هذا العلم **دراسة مظاهر سطح الأرض من حيث الشكل والتكوين والعمليات الداخلية والخارجية التي أسهمت في تكوينها والتطور الذي تشهده تلك المظاهر بمرور الزمن**, أي يتناول دراسة مظاهر السطح من الجوانب آلاتية:

1- المظهر الخارجي لسطح الأرض,أو المظاهر التضاريسية في أي منطقة.
2- البيئة التي تكونت فيها المظاهر, قارية كانت أم مائية, وكيفية تكوينها.
3- القوى الخارجية والباطنية التي أسهمت في تكوين مظاهر السطح.
4- التكوينات السطحية وتحت السطحية التي يتكون منها سطح الأرض(التربة والصخور).
5- التطور التاريخي والتغيرات التي تشهدها مظاهر السطح بمرور الزمن.
6- البنية والتركيب الجيولوجي للطبقات الصخرية التي تتكون منها القشرة الأرضية.

وتعني القشرة الأرضية[Earth Crust] الطبقة الممتدة من سطح الأرض الى عمق متوسط مابين 30—40كم, وهو غير منتظم إذ يزداد عند المناطق الجبلية العالية ليصل الى حوالي 60كم يقل عند قاع المحيطات ليصل الى حوالي 5كم، وتتكون تلك القشرة من جزئين هما:

أ- الجزء العلوي.

ويشمل التكوينات الممتدة من سطح الأرض حتى عمق يتراوح مابين 10—15 كم, ويسود هذا الجزء صخور رسوبية على الأغلب تمتد فوق صخور نارية جرانيتية تسمى السيال(Sial) أي تتكون من السليكا والألمنيوم, وهي صخور حامضية فاتحة اللون خفيفة الوزن وتنتشر على نطاق واسع في المناطق القارية وتقل عند قاع المحيطات.

ب- الجزء السفلي.

ويشمل الجزء المتبقي من القشرة الأرضية حتى الوشاح الصخري, ويتراوح سمك هذا الجزء مابين 20- 25 كم ويتكون من صخور نارية بازلتية تسمى السيما(Sima) أي تتكون من السليكا والمغنيسيوم وهي ذات لون غامق وثقيلة الوزن.[1]

وقد ظهرت عدة مصطلحات أو تسميات مرادفة لعلم شكل الأرض هي الجيومورفولوجيا وتعد كلمة أجنبية وهي اكثر شيوعا في الأوساط العلمية ومظاهر سطح الأرض ومعالم سطح الأرض والتضاريس الأرضية والأشكال الأرضية.
و مظاهر سطح الأرض على اختلاف أنواعها ناتجة عن تفاعل الغلاف الصخري[Lithosphere] أو القشرة الأرضية[Earth Crust] مع كل من الغلاف الجوي[Atmosphere] والغلاف المائي [Hydrosphere] والغلاف الحيوي[Biosphere]، وتبقى تلك المظاهر في تطور مستمر لاستمرار عمل القوى التي أسهمت في تكوينها.
كما يتناول علم شكل الأرض دراسة طبيعة مكونات مظاهر السطح من حيث البنية أي طبيعة امتداد الطبقات الصخرية والوضع الذي تتخذه في القشرة الأرضية, والتركيب المعدني لتلك الصخور, والعمليات التي أسهمت في وجود تلك المظاهر, لذا يعد هذا العلم حلقة وصل بين الجيولوجيا والجغرافية الطبيعية، إذ يتناول الاختصاصان دراسة القشرة الأرضية ظاهريا وباطنيا.
وبمرور الزمن اتسعت دائرة البحث الجيومورفولجي وتنوعت موضوعاته وازداد عدد المهتمين به فبرز عدد من العلماء مثل ديفز وبينك وهاتون وسترايلر وكور بل وكوك وجلبرت وثورنبيري وغيرهم من الذين اغنوا هذا الاختصاص بدراسات متنوعة كان لها الأثر الكبير في تطور هذا العلم كالدراسات المورفوتكتونية والمورفومناخية المورفومترية(القياسية) وذلك باستخدام الآلات والمعدات والأساليب الرياضية والإحصائية والحاسوب في تحليل وقياس عناصر مظاهر السطح.
وقد اسهم هذا التطور في توثيق العلاقة مع العلوم الأخرى كالتربة الهيدرولوجي والمناخ والآثار البايلوجي والجوديسيا وغيرها من العلوم, لذا يجب على المختص في هذا المجال أن يتمتع بخلفية جيدة خاصة في الجيولوجيا والمناخ الهيدرولوجي والرياضيات.
ومن الجدير بالذكر أن دراسة القشرة الأرضية لا يقتصر على اختصاص معين بل يشترك في دراستها عدة علوم كل واحد منها يدرسها من زاوية معينة ومنها ما يأتي:
1- علوم مكونات القشرة الأرضية, وتشمل ما يأتي:
أ- علم البلورات crystallography
ب- علم المعادن mineralogy
ج- علم الصخور petrology
2- علوم التراكيب الجيولوجية لمكونات القشرة القشرة الأرضية, وتضم ما يأتي:
أ- الجيولوجيا التركيبية structural geology
ب- علم الحركات الأرضية أو الجيوتكتونيا geotectonics
3- علوم تاريخ تطور القشرة الأرضية, ويشمل عدة علوم تعتمد على الحفريات paleontology ومنها ما يأتي:
أ- علم الطبقات stratigraphy
ب- علم البيئات القديمة paleoecology
ج- علم الجغرافيا القديمة paleography
د- الجيولوجيا التاريخية historical geology
4- علوم التضاريس القشرة الأرضية, وتضم ما يأتي:
أ- علم شكل الأرض (الجيومورفولوجيا) geomorphology
ب- الجوديسياgeodesy
ج- الجيولوجيا الفيزيائية physical geology

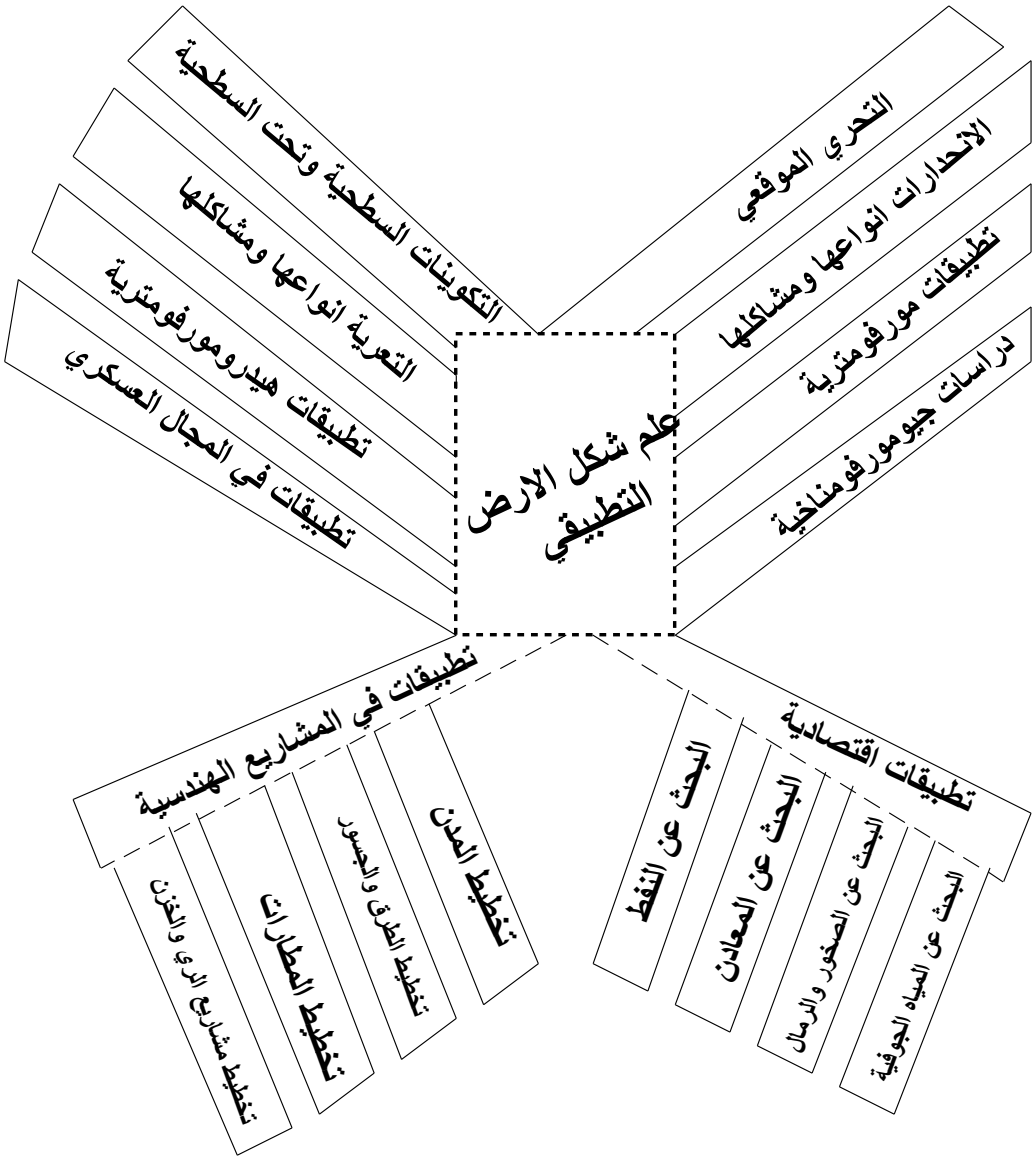
ومن العلوم الأخرى التي تهتم بدراسة القشرة الأرضية الجيولوجيا الكونية cosmography,حيث يتناول دراسة مظهر الكون وتركيبه العام ويتضمن علوم الفلك والجغرافيا والجيولوجيا.
والجيوغنيوسياgeognosy وهو أحد فروع الجيولوجيا الذي يهتم بدراسة بنية الأرض الداخلية والخارجية.
ورغم أهمية هذا العلم في مجالات عدة الان تدريسه يقتصر على بعض أقسام الجغرافيا والجيولوجيا فقط.

ثانيا- علم شكل الأرض التطبيقي (الجيومورفولوجيا التطبيقية).

أن تطور أساليب البحث الجيومورفولوجي واتساع دائرة علاقاته مع العديد من الاختصاصات المتنوعة نقلته من مرحلة وصف مظاهر السطح الى مرحلة التطبيق, أي توظيف المعلومات الجيومورفولوجية في خدمة الأنسان ونشاطاته المختلفة, حيث تؤثر الأشكال الأرضية على الأنسان بصورة مباشرة وغير مباشرة , التأثير المباشر يتمثل بالارتفاع فوق سطح البحر إلى حد يؤثر على أعضاء جسم الأنسان فتقل قدرتها على أداء وظائفها كالتنفس وعمل الدورة الدموية ونقص ألا وكسجين وكريات الدم التي يحتاج جسم الأنسان الى عدد اكبر منها في المرتفعات, كما تتغير خصائص المناخ حسب طبيعة التضاريس وخاصة الحرارة التي تنخفض بالارتفاع, وكذلك الضغط الجوي يقل بالارتفاع.
أما التأثير غير المباشر فيتمثل في حاجة جسم الأنسان الى عناصر ومعادن لنموه وبناءه وديمومة حيويته, والتي مصدرها القشرة الأرضية, حيث يحصل عليها الأنسان عن طريق تناول الأغذية النباتية والحيوانية ومياه الشرب, وقد يؤدي نقص بعض العناصر الى الإصابة ببعض الأمراض.
ونظرا لأهمية ذلك فيجب دراسة تأثير مظاهر السطح على النشاط البشري, ويعد علم شكل الأرض التطبيقي من العلوم التي تتناول ذلك, وعليه يمكن تعريفه بأنه **العلم الذي يتناول دراسة الخصائص العامة لمظاهر سطح الأرض من حيث الشكل والتكوين وصفيا ومورفومتريا(قياسيا) والعمليات التي تؤثر في تلك المظاهر(تعرية، تجوية، انهيارات، انزلا قات، هبوط) وعلاقة ذلك بالنشاط البشري من حيث الإمكانات والمعوقات, والمشاكل التي تواجه استغلال تلك المظاهر والحلول المناسبة لتجاوزها.**
وعليه يتناول التطبيقي الموضوعات التي تصب في هذا الاتجاه ومنها مايأتي:
1- التحري موقعيا عن منطقة الدراسة لتوفير المعلومات المتنوعة عن تلك المنطقة, وعدم الاعتماد على ما متوفر من معلومات من مصادر أخرى، ويجب التحقق من صحة تلك المعلومات من خلال الدراسة الميدانية، وذلك لتباين أهداف وأغراض الجهات التي وفرت تلك المعلومات، إذ تكون في إطار هدف تلك الجهة, وعليه تكون وافية في جانب وقاصرة في جوانب أخرى, وتستخدم أجهزة ومعدات القياس في الدراسة الميدانية ويمكن استخدام التقنيات الحديثة في توفير الكثير من المعلومات عن منطقة الدراسة مثل الاستشعار عن بعد وGPS وGIS.
2- التكوينات السطحية وتحت السطحية(الصخور والتربة) التي تتضمنها منطقة الدراسة، ففي بعض المناطق تكون الطبقات الصخرية ظاهرة على سطح الأرض دون أن تغطيها تربة، في حين توجد في مناطق أخرى مغطاة بطبقة من التربة يتباين سمكها من مكان لاخر، كما يتم التعرف على طبيعة انتشار تلك التكوينات أفقيا ورأسيا، فضلا عن تحديد عناصر الضعف والقوة في تلك التكوينات وأثرها على النشاط البشري.

3- الانحدارات في منطقة الدراسة، والتي تدرس وصفيا ومورفومتريا لمعرفة المواضع المستقرة وغير المستقرة والمشاكل التي تتعرض لها بعض السفوح واثر ذلك على المنشآت والمشاريع المرتبطة بها, والحلول المناسبة لتجاوز بعض تلك المشاكل.
4- التعرية، أسبابها، مشاكلها والتدابير والإجراءات التي يمكن اتخاذها للحد من آثارها ومشاكلها على النشاط البشري.
5- التطبيقات الهيدرومورفومترية في دراسة الأنهار، أي استخدام الأساليب التفسيرية والقياسية الجيومورفولوجية والهيدرولوجية في دراسة أحواض واودية وقنوات الأنهار, وعلاقة ذلك بالأنشطة المختلفة.
6- أهمية المعلومات الجيومورفولوجية في اختيار المواقع والمواضع الملائمة للعمران ومشاريع الري والطرق والجسور والمطارات.
7- استخدام الدلائل الجيومورفولوجية في البحث عن الموارد الطبيعية كالمعادن والنفط والمياه الجوفية والصخور والرمال.
8- دور الجيومورفولوجيا في التخطيط والتنمية والعمليات العسكرية، شكل رقم(1- 1) يوضح المجالات التي يتناولها علم شكل الأرض التطبيقي.

شكل رقم(1-1) المجالات التي يتناولها علم شكل الأرض التطبيقي



ومن الجدير بالذكر أن علم شكل الأرض التطبيقي ظهر متأخرا وذلك في نهاية الستينات وبداية السبعينات من قرن العشرين في الدول المتقدمة مثل بريطانيا وبولونيا وفرنسا وفي الولايات المتحدة الأمريكية, ورغم ذلك شهد هذا العلم تطورا كبيرا نتيجة لأهميته في الحياة العملية وفي مجالات شتى ذات علاقة مباشرة بحياة الأنسان ونشاطاته المختلفة, والدليل على ذلك ما أنجز من بحوث ومؤلفات التي تصب في هذا الاتجاه مثل الجيومورفولوجيا الهندسية الذي يتناول تقييم

العمليات التي أسهمت في وجود الأشكال الأرضية وطبيعة سلوك وخصائص المواد الصخرية والترابية لتلك الأشكال, والعمليات والمشاكل التي تتعرض لها والتي على ضوءها يمكن تحديد المواضع المستقرة الملائمة لاقامة المشاريع المختلفة كالعمران والطرق ومشاريع الري وغيرها، والمواضع غير المستقرة التي تتعرض لمخاطر الانهيار والانزلاق والهبوط والتعرية والتي يجب الابتعاد عنها أو معالجة المشاكل التي تتعرض لها.(2)

ومن البحوث التطبيقية الجيومورفولوجيا الحضرية الذي يتناول دراسة العلاقة بين العمران وطبيعة الأشكال الأرضية من جبال وسهول ووديان وهضاب ومدى ملاءمتها للتوسع العمراني وتوزيع استعمالات الأرض الحضرية على المواضع الملائمة لنمو المدينة بما يتلاءم وطبيعة تضاريس الموضع من ارتفاع وانخفاض وانحدار ونوعية التكوينات ومناسيب المياه الجوفية.

وقد استمرت عملية تطور هذا التخصص فظهرت أبحاث ومقالات متنوعة وفي كافة المجالات المتعلقة في الحياة العملية وخاصة في الدول المتقدمة التي تمتلك التقنيات الحديثة التي تمت الاستفادة منها في تلك الدراسات في توفير المعلومات ومعالجتها وتحليلها بسرعة وعرض النتائج بأشكال مختلفة, ومن تلك التقنيات الاستشعار عن بعد والحاسوب ونظم المعلومات الجغرافيةGIG ونظام المواقع العالميGPS,وغيرها, حيث أسهمت تلك التقنيات في أعداد بحوث في كافة مجالات الجيومورفولوجيا التطبيقية .

أما الدول النامية فلم يدخل مؤسساتها التعليمية هذا العلم الافي الآونة الأخيرة وذلك في منتصف الثمانينات, ولاتزار الكثير من تلك الدول لم يصلها, وان الدول التي وصل أليها كمادة تدرس في بعض أقسام الجغرافيا ووفق منهج يشوبه التخبط لعدم توفر مؤلفات وعدم توفر كادر متخصص في هذا المجال، لذا بقي المفهوم الحقيقي للجيومورفولوجيا التطبيقية أو علم شكل الأرض التطبيقي غير واضح حتى لدى الأقسام المرتبط بها كالجغرافيا والجيولوجيا، وساد لدي الكثير التباس وخلط بين مفهوم التطبيقي والميداني، ومما زاد في هذا الغموض تدريس تلك المادة من قبل غير المختصين بها أو من اختصاصات أخري غير الجغرافيا والجيولوجيا، لذا اقروا مفردات وموضوعات لاعلاقة لها بالتطبيقية لامن قريب ولا من بعيد، وقد أساء ذلك الى مفهوم هذا الاختصاص, وأعطى تصورا ومعنا ومضمونا غير حقيقي للمتعلم عنه ، وكل ذلك اسهم في طمس الهوية الحقيقية لهذا العلم الحيوي وظل متواريا عن الأنظار في الدول النامية, مما زاد في المشكلة قلة المتخصصين في الجيومورفولوجيا الوصفية التي تمثل الأصل بالنسبة للتطبيقية.

المبحث الثاني- التضاريس الأرضية والتحري الموقعي.

تعتمد الدراسات الجيومورفولوجية على التحري الموقعي في تقصي الحقائق عن منطقة الدراسة بشكل مباشر على ارض الواقع، وذلك لتأكيد صحة ما توفر من معلومات واكمال غير المتوفر منها, والعمل الميداني يكون وفق الخطوات الآتية:

أولا- تحديد منطقة الدراسة.

ثانيا- مصادر المعلومات.

ثالثا- العناصر والجوانب التي تتناولها الدراسة الميدانية.

أولا- تحديد منطقة الدراسة :

وتمثل الخطوة الأولى في هذا المجال، حيث تحدد المنطقة على خريطة طوبوغرافية تتضمن الوضع الطبيعي لتلك المنطقة وما يحيط بها من ظواهر طبيعية وبشرية,كما يحدد موقعها بالنسبة

لخطوط الطول ودوائر العرض,والارتفاع عن مستوى سطح البحر, والتي على ضوءها يمكن مراعاة ما يأتي:
1- طبيعة تضاريس المنطقة وما تتطلبه من دراسة وما يقوم به الباحث من قياسات لعناصر تلك المظاهر, والأدوات والمعدات اللازمة لذلك.
2- الطرق المؤدية الى منطقة الدراسة وافضل وسيلة يمكن استغلالها للوصول أليها.
3- توفير معلومات أولية مختلفة عن منطقة الدراسة لتحديد ما تحتاج أليه من دراسة موقعيه الزمن المطلوب لذلك, قد يكون لفترة طويلة أو قصيرة, وربما تتطلب الدراسة الى إقامة في الموقع لفترة من الزمن قد تستمر الى اكثر من شهر أو عدة أيام, أو يمكن تحقيق ذلك من خلال زيارات ميدانية متكررة دون الإقامة في الموقع, وكذلك تحديد مدى الحاجة الى فريق عمل يمكن أن يستعين به الباحث في جمع المعلومات, ويتكون من عدة أفراد وفي التخصصات التي تخدم البحث .
4- توفير خريطة أساسية لمنطقة الدراسة تثبت عليها المعلومات التي يتم جمعها لتكون مرجع أساسي للباحث.
5- وضع سقف زمني للفترة المطلوبة للدراسة الميدانية بصورة عامة وتكون ضمن حد أعلى وأدنى.

ثانيا- مصادر المعلومات:
أن توفير المعلومات عن آية منطقة يختارها الباحث يعتمد على مصادر متنوعة منها مايأتي:

1- مصادر مكتبية :
وتشمل البحوث والتقارير والمؤلفات التي أعدتها جهات مختلفة رسمية وغير رسمية, ويكون معظمها يقتصر على جانب معين حسب هدف الدراسة والجهة التي قامت بها,
كما أن بعضها معلومات عامة وغير مفصلة, لذا يفضل أن لا يعتمد الباحث على مثل تلك المعلومات ألا بعد التحقق من صحتها من خلال الدراسة الميدانية, فالباحث العلمي يمتلك وجهات نظر وأسلوب تحليلي وتفسيري يختلف عن الباحثين غير المتخصصين في تلك الجوانب.
2- مواقع الأنترنت:
تعد مواقع الأنترنت من المصادر المهمة في البحث والجيومورفولوجي لما توفره المواقع المختلفة من معلومات في كافة المجالات والتي تعد حديثة لأنها تمثل احدث ما توصل أليه البحث العلمي في هذا المجال, ويتم الحصول على تلك المعلومات بعدة طرق منها استخدام المواقع الرئيسة في الأنترنت مثل googleوyahoo وhotmailوغيرها من المواقع حيث يكتب عنوان الموضوع عي خانة بحث الموقع فتظهر عناوين كثيرة حول الموضوع فيقوم الباحث باستعراضها واختيار ما يستفاد منه,كما يمكن مراسلة الجهات التي يرغب الباحث بالحصول على معلومات منها عبر الأنترنت حيث تكون المخاطبة بسرعة والرد بسرعة أيضا وهذا ما يوفر على الباحث جهد ووقت وكلفة, ويمكن استخدام الماسنجر أيضا لمخاطبة الجهات المعنية والحصول على الرد بنفس اللحظة , حيث يكون حوار مفتوح بين الطرفين كلاما وكتابتا,

3- الاستشعار عن بعد أو التحسس النائي(Remote Sensing):
يعني الاستشعار عن بعد توفير معلومات متنوعة عن سطح الأرض دون الاتصال به بشكل مباشر بواسطة أجهزة الالتقاط المتنوعة, وباستخدام خواص الموجات الكهرومغناطيسية المنعكسة و المنبعثة من التكوينات الأرضية أو من الجو أو المسطحات المائية, التي تعطي صورة واضحة عن طبيعة سطح الأرض, ومن الوسائل المستخدمة في هذا المجال ما يأتــي:

أ- الصور الجوية:
وهي صور تلتقطها الطائرات بواسطة أجهزة تصوير خاصة وتكون على ارتفاعات منخفضة وبأوضاع 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.

ب- الصور الفضائية:
وهي صور تلتقطها الأقمار الاصطناعية على ارتفاعات عالية جدا وتكون على درجة عالية من الدقة وتكون المعلومات على شكل بيانات رقمية مسجلة على اسطوانات مغناطيسية اوعلى هيئة أفلام وصور, وتحمل تلك الأقمار أربعة أنواع من أجهزة التقاط المعلومات من سطح الأرض هي:
1-أجهزة التقاط الصور.
2-أجهزة راديوميتر متعدد الموجات
3- راديو متر حراري ذو طول موجي واحد أو اكثر.
4- رادار.[3]
وتختلف الأقمار من دولة لأخرى وكما يأتي:

1- الأقمار الاصطناعية الأمريكية:

أطلقت أمريكا أول قمر اصطناعي خاص بدراسة الموارد الأرضية والمسمى لاندساتlandsat عام 1972والذي يحلق على ارتفاع 920كم ويقوم بمسح الأرض كل 18 يوم وذلك من خلال المرور في مسارات مائلة تغطي كل الكرة الأرضية, وفي الثمانينات تم إطلاق أجيال أخرى من لاندسات اكثر تطورا من الأول, حيث توفر معلومات تغطي مساحة 185×187 كم, و تستطيع رصد الظواهر المختلفة الموجودة على سطح الأرض وعلى نطاق محدود يصل الى 30X30م, كما أطلقت أقمار أخرى تعرف نوا NOAA والخاصة بملاحظة الظواهر الجوية وحرارة سطح الأرض ومياه البحار والمحيطات,,وتدور تلك الأقمار على ارتفاعات مختلفة فوق سطح الأرض, ومن مميزات هذا النوع من الأقمار قدرته على تغطية مساحات شاسعة من الأرض واعطاء بيانات يومية عن الظواهر التي تتطلب دراستها معلومات فضائية, وعلى العموم من أهم المعلومات التي توفرها تلك الأقمار مايأتي:
* ألوان مياه البحار والمحيطات والمواد العالقة بها.
* توزيع الكتل الثلجية في بعض أطراف البحار والمحيطات وخاصة في أقصى شمال وجنوب الكرة الأرضية.
* طبيعة مكونات الغلاف الجوي.
* قياس درجة الحرارة.
* قياس سرعة الرياح.
* مراقبة حركة الغيوم.
* التعرف على النبات الطبيعي.
* دراسة مظاهر سطح الأرض والتكوينات الجيولوجية.

2- الأقمار الروسية:

تتميز الأقمار الاصطناعية الروسية بدقة المعلومات التي توفرها والتي يمكن أن تكون على نطاق صغير جدا يصل الى 2X2م الان مثل تلك المعلومات تكون مكلفة لذا لاستخدم ألا عند الضرورة.

3- الأقمار الفرنسية:
أطلقت فرنسا أول قمر اصطناعي عام 1986 اسمه سبوت spot والذي يحلق على ارتفاع 822 كم, و تغطي صورته 60×60 كم في التصوير الرأسي و60×80كم في التصوير المائل, ويقوم بتصوير كل سطح الأرض خلال 26يوم كما انه يقوم بتغطية مساحات صغيرة تصل الى 10X10م ,ويتميز بدقة المعلومات التي يوفرها والتي تكون بشكل دوري عن كل منطقة مما يساعد ذلك على متابعة التطورات والتغيرات التي تحدث على سطح الأرض بشكل مستمر
.

4ـــالقمر الهندي:
أطلقت الهند قمرا اصطناعيا اسمه ارس IRS لدراسة الموارد الطبيعية الأرضية.

5- الأقمار الاصطناعية اليابانية:
أطلقت اليابان عدد من الأقمار تسمى GMS وهي مختصة بدراسة الطقس والمناخ وبعض الأغراض الأخرى.[4]

المعلومات التي توفرها أجهزة الاستشعار عن بعد
تغطي معلومات الصور الجوية والفضائية مساحة واسعة من سطح الأرض يصعب على الباحث توفيرها وبأشكال مختلفة, لذا كان لها الإسهام الفاعل في تطور البحث الجغرافي عامة والجيومورفولوجي خاصة, ومن المعلومات التي يوفرها مايأتي:
1- معلومات عن التكوينات السطحية وتحت السطحية, أي عن التربة والصخور .
2- طبيعة سطح الأرض وما يتضمنه من مظاهر مختلفة, ويتم ترجمة ذلك الى خرائط طوبوغرافية للمناطق التي جرى مسحها .
3- تحليل الأرض حسب الغرض من الدراسة, للتخطيط أو التنمية أو البحث عن الموارد أو للأغراض العسكرية .
4- طبيعة النشاط البشري القائم على ارض منطقة الدراسة ونوع استعمالات الأرض بالنسبة للاستيطان والذي يكون كما يأتي:
أ- الاستيطان الحضري ويشمل مايأتي:
1- أنماط التوسع العمراني.
2- استعمالات الأرض الحضرية .
3- مورفولوجية المدينة.(مظهر المدينة العمراني والتخطيطي)
4- طبيعة المرور والمواصلات في المدينة.
ب- الاستيطان الريفي ويشمل ما يأتي:
1- أنماط الاستيطان الريفي.
2- الأنماط الزراعية في منطقة الدراسة.
3- التغيرات التي طرأت على استعمالات الأرض الزراعية بين فترة وأخرى.
5- مسوحات ديمغرافية عن التركزات السكانية وتبعثرها.

6- العمليات الجيومورفولوجية المختلفة التي حدثت في منطقة الدراسة كالتعرية والارساب والانهيار والهبوط وغيرها.
7- النظام الهيدرولوجي.[5]
ومن الجدير بالذكر أن المعلومات التي توفرها وسائل الاستشعار عن بعد على درجة عالية من الدقة لتطور أجهزة الالتقاط والتفسير, وتكون تلك المعلومات على نوعين مورفومترية (قياسية) وتفسيرية أو وصفية, الأولى تتناول المعلومات الخاصة بالموقع الدقيق للظواهر الطبيعية, ويمكن استنباطها من الخرائط الطوبوغرافية المنتجة من الصور الجوية والفضائية, أما التفسيرية ذات طبيعة موضوعية ومبنية على التفسير الشخصي للخيالات التي توفرها الصور, ويمكن استخدام الحاسوب في تحليل الخيالات التي تعطي معلومات وفيرة عن منطقة الدراسة.[5]
8- طبيعة الانحدارات في منطقة الدراسة.

مجالات الاستفادة من معلومات الاستشعار عن بعد في علم شكل الأرض.

1- تخطيط وتوزيع أعمال التحري الموقعي في منطقة الدراسة ليشمل جميع الجوانب الطبيعية والبشرية اعتمادا على معلومات الصور الجوية والفضائية الخاصة بتلك المنطقة, كما يحدد على ضوئها حركة أجهزة وفرق التحري الموقعي, لذا تسهل عملية الدراسات الميدانية.
2- تحديد مواقع الموارد الطبيعية المختلفة التي يمكن الاستفادة منها في الأنشطة المختلفة .
3- طبيعة النظام الهيدرولوجي في منطقة الدراسة بنوعيه السطحي والجوفي.
4- معرفة المناطق المستقرة وغير المستقرة في سفوح المرتفعات, أي تحديد المناطق التي تتعرض للانزلاق والانهيار في الوقت الحاضر أو تعرضت له في الماضي أو ستتعرض له مستقبلا, كما توضح التطورات التي شهدتها المنطقة من خلال المقارنة بين الصور القديمة والحديثة لتلك المنطقة.
5- توضيح التطورات التاريخية التي يشهدها آي موقع من خلال المقارنة بين الشواهد التي توضح الاستخدامات القديمة والحديثة للموقع, وما حدث فيها من تغيرات, مثل مناطق غابات تتحول الى مناطق عمرانية أو زراعية, أو مناطق طمر صحي الى عمرانية, وغير ذلك من تغيرات في استعمالات الأرض.
6- إظهار المجاري القديمة للأنهار المطمورة والأخاديد المملوءة بالترسبات, وأنماط التصريف المشوشة والخوانق وفوهات المناجم المهجورة.
7- معرفة أشكال السطح والبنية الجيولوجية في منطقة الدراسة والمناطق المجاورة لها.
8- توفير خرائط متنوعة يستفاد منها في مجالات عده منها مايأتي:
أ- خرائط خاصة بتخطيط المشاريع الهندسية المختلفة كالطرق والجسور ومشاريع الري وتخطيط المدن والموانئ وسكك الحديد.
ب- خرائط كنتورية توضح طبيعة الوضع الطوبوغرافي في آي منطقة يتم دراستها.
ج- خرائط تفصيلية لمساحات صغيرة يستفاد منها في مجالات محددة.
د- خرائط تفصيلية يستفاد منها في العمليات العسكرية تؤشر عليها أماكن تجمع قوات العدو ومواقع الأسلحة الستراتيجية والذخيرة والمطارات, وطبيعة ارض العدو والمعوقات والإمكانات في تلك المواقع.
هـ- خرائط توضح التكوينات السطحية وتحت السطحية والخصائص البايلوجية لمنطقة الدراسة[6]

تفسير الصور الجوية والفضائية لتحليل سطح الأرض:

أن دراسة عناصر سطح الأرض من الجوانب التي تهم المختص في التربة والجيولوجيا والهندسة والجغرافيا والتخطيط الحضري والإقليمي والزراعة والمناخ والعمليات العسكرية, حيث يتم التعرف على شكل التضاريس الأرضية في المنطقة التي تضمها تلك الصور من خلال تحليلها, فتظهر الجبال والوديان والسهول والمصاطب أو المدرجات وطبيعة التصريف المائي وأنماط التصريف,والتعرية حسب العامل المسبب لها,ونوع الانحدارات,ونوع الرواسب.
وتكون معلومات صور الاستشعار عن بعد المتعلقة بسطح الأرض على نوعين هي مترية أي قياسية وتفسيرية أي وصفية,حيث ترتبط معلومات النوع الأول بالموضع الدقيق للظواهر الطبيعية, ويحصل من تحليل الصور خرائط طوبوغرافية.
آما النوع الثاني من المعلومات فيكون ذات طبيعة موضوعية وتعتمد على التفسير الشخصي للخيالات الملتقطة.
ولغرض الحصول على صور جوية وفضائية لسطح الأرض واضحة تم صنع عدة أجهزة خاصة كان أولها منظومة تصويرITEK نوع S-190A متعدد الأطياف عام 1970, والذي يتضمن أجهزة تصوير صغيرة الأبعاد (70) ملم, وتوفر تلك الأجهزة أربع لقطات أو صور أحادية غير ملونة, وفي عام 1976 تم تطوير هذا الجهاز وظهر نوع S-190B.
وفيما بعد استمر إنتاج الأجهزة المتخصصة بهذا المجال ومنها جهاز RMK ذات أبعاد 23×23ملم وبعد بؤري 30سم, ثم جهاز ITEK-LFC وابعاده 23×46ملم وبعد بؤري 30سم.
وعلى العموم أن الحصول على الخرائط الطوبوغرافية يكون من الصور الجوية والفضائية بمصادرها المتنوعة ومنها ما يأتي:
1- الصور الجوية
2- الصور الفضائية من الأقمار الاصطناعية
3- صور مكوك الفضاء
4- خيالات الماسحات الجوية والفضائية
5- خيالات الرادار الجانبي,وتشمل خيالات الرادارات الجانبية المنقولة جوا بالطائرات والمنقولة بواسطة الأقمار الاصطناعية.(7)

4- نظم المعلومات الجغرافية (GIS)(Geographic Information Systems)

توجد تعريف عدة لنظم المعلومات ومن تلك التعاريف ما يأتي:
1- GIS هي تقنية متقدمة يستخدم فيها الحاسوب, وتتكون من معلومات و برامجيات وأجهزة وعمليات, و تستخدم لتحويل وتخزين وربط وتحليل وعرض المعلومات المتعلقة بسطح وباطن الأرض, أي مظاهر السطح واستعمالات الأرض والوارد الطبيعية ونشطات الأنسان فوق الأرض العمليات التي تحدث في باطن الأرض.(8)
2- GISنمط تطبيقي لتقنيات الحاسب الآلي بشقيه لأساسين مكونات الحاسوب والبرمجيات, والتي تسمح بحصر وتخزين ومعالجة المعلومات والبيانات وأخراجها في أشكال متعددة, مثل الخرائط والمجسمات والجداول والنصوص,وهذا يعني أن GIS ليست أنظمة للحاسبات فقط وتقوم بإنشاء خرائط وألوان مختلطة,وأنما هي أداة تحليلية تقوم باستثمار المعلومات التي تصف أماكن معينة من سطح الأرض , وتسمح بتحديد وتعريف العلاقات المكانية بين مكونات الخريطة .

ولاتقوم GIS بتخزين خريطة أو صورة فقط,بل تخزين معلومات يمكن بواسطتها رسم أي شكل يرغب به الباحث وفقا للتطبيق الذي يرغب في استخدامه .[9]
3- GIS وسيلة أو أداة تعتمد على الحاسوب (الكمبيوتر) لتوصيل وتحليل الأشياء الموجود على الأرض, وكذلك الأحداث التي تقع فوقها ,وتجمع تقنية المعلومات الجغرافية بين عمليات قواعد المعلومات الشائعة مثل البحث والتحليل الإحصائي وبين الفوائد الفريدة التي تقدمها الخرائط من التطور والتحليل الجغرافي , وتميزت بهذه القدرات عن أنظمة المعلومات الأخرى فجعلها ذات قيمة عالية لشريحة واسعة من الناس والشركات الخاصة لشرح الأحداث وتخمين ما سيحدث وفهم إستراتيجية التخطيط الصحيح .[10]
وعليه تعد GIS تكنولوجيا متكاملة حيث أدت الابتكارات والتطورات التي شهدتها نظم المعلومات الجغرافية الى جعلها تؤدي دوراً مهماً في ظل تكنولوجيا متكاملة أدت الى ربط عدد من التكنولوجيات المنفصلة في مشروع متكامل كبير جمع تلك الأجزاء, لذا ظهرت GIS كتكنولوجيا قوية جداً بسبب إعطاء الفرصة للجغرافيين في إكمال بياناتهم ونماذجهم في طرق وأساليب ساعدت الأشكال التقليدية في التحليل الجغرافي الشامل,مثل خريطة تصدر لتحليل أنماط جديدة وجيدة,وبواسطة التحليل والنماذج آلتي لايمكن أنجازها بالطرق اليدوية .
فبواسطة GIS يمكن استخدام خريطة مود يل أو نموذج شامل,وتحليل كميات كبيرة من البيانات تحمل سوية ضمن قاعدة بيانات منفردة .
وGIS تكنولوجيا متكاملة وواضحة الأثر أيضاً في أصلها, وان تطورها أعتمد على ابتكارات عملت في تطبيقات مختلفة وعديدة جغرافية ,كارتوغرافية ,استشعار عن بعد ,المساحة ,الجوديسيا ,الهندسة ,علم السكان ,بحوث عمليات,والعديد من العلوم الأخرى اجتماعية وطبيعية وهندسية ساهمت جميعها في هذا المجال .
ويعد ARC GIS هو الزعيم في حقل GIS والذي تم استعماله على نطاق واسع منذ عام 1990, حيث كانت بداية عمل GIS بواسطة اثنين من منتجاتها المهمة وهي ARC/INFOو MAP/INFO,اليوم ARC يستمد القوة من هذه البرامج بواسطة ARC view GIS وأدوات GIS الأخرى, وخرائط متخصصة, ARC يمكن أن تقدم تكنولوجيا GISخدمات لمجالات عدة منها:
1- إدارة الوسائل, المصادر الطبيعية, مصادر اقتصادية,تحذير من مخاطر, أنظمة نقل.
2- تخطيط وتوزيع حالات, مثل السكان,متغيرات اجتماعية واقتصادية,الزراعة,تطور حضري,استعمالات الأرض,النقل,تلوث بيئي,بنى تحتية.
3- اكتشاف مواقع بعيدة للعمل, الصناعة, وسائل عامة.
وتستطيع برامجARC أن تطور خرائط أساسية لمقاطعة أو مدينة تضع المستخدم على المسار الصحيح لتطوير طبقات GIS لادارة أي نوع من بيانات أولية, للطرق, ملكية, ضرائب, استجابة طوارئ, نمو سكاني,استعمال ارض,تنظيف,هيدرولوجي,إدارة مصادر وغير ذلك.
GIS برامج تستخدم لتجميع وخزن وتحرير ومعالجة وتحليل وعرض معلومات بمراجع جغرافية قدمت وفقا لموقعها, وتشمل تطبيقات GIS ما يأتي:
* استعمال الأرض وادارة تغيير غطاء الأرض.
* تصميم حضري.
* دراسات بيئية.
* تحريات جيولوجية.
* معالجة صور الأقمار الاصطناعية.
* شبكة تكنولوجيا الاتصالات

* فن رسم الخرائط.
* الإدارات العامة.
* تصميم الطرق وتخطيطها.
* نموذج طوبولوجي.
* إدارة المنافع(غاز, كهرباء, ماء).
* تطوير العمل.
* إدارة مصدر.
* تخطيط تنمية.
* خدمات طوارئ.
* تحريات علمية.
* تصاميم تتعلق بالبيئة.
* الغابات .
* مظاهر جيومورفولوجية وتكوينات جيولوجية.
* هيدرولوجي.
* تربية.
* سيارات إسعاف.
* عسكري.
* إدارة خطر الكوارث.
* نقل عام.
* مياه مجاري آو صرف صحي. وغيرها من الوظائف المتنوعة.[11]

اهميةGIS العلمية :

1- دمج عمل الجغرافيين الطبيعي والبشري مع بعضه, وكذلك توطيد العلاقة بين الجغرافيا والعلوم المتداخلة معها كالتربة والنبات والهيدرلوجي والجيولوجي والاجتماع والاقتصاد والتخطيط .

2- تمثل إطار جيد ومتوافق في تحليل البيانات الجغرافية بنوعيها الكمية والوصفية, وهذا ما تنفرد به نظم المعلومات الجغرافية في قدرتها على تحليل تلك المعلومات سوية .

3- تحسين القدرة في فهم النمط والعمليات المكانية,وبطريقة أكثر علمية وعملية والتي أسهمت في نقل الجغرافيا الى مكانة جديدة جعلتها اكثر فاعلية في المجتمع وفي مجالات تطبيقية متعددة .

4- دمج كم هائل من المعلومات أو البيانات المكانية,وأنواع أخرى من الصفات والخصائص غير المكانية في نظام واحد والتي تعالج بسرعة كبيرة فتوفر جهداً ووقتاً وكلفتا.

5-عرض المعلومات الجغرافية بطريقة رقمية مترجمة الى خرائط وهذه أكثر قبولاً في المجتمع من الجداول,وألتي من خلالها يتمكن الباحث من قراءة الخريطة وتحليل وتفسير محتوياتها.

6- تعبر GIS عن دخول التقنيات الحديثة في المجال الجغرافي وهذا مهم جداً لمواكبة التطور العلمي والتكنولوجي الذي يشهده العالم,وقدرة الجغرافيا على منافسة العلوم الأخرى في استيعاب التقنيات الحديثة وكذلك شعور العاملين في هذا المجال بأنهم قادرين على استيعاب ما يشهده العالم من تطور واستخدام للتقنيات الحديثة في العلوم المختلفة,والانتقال من سرد أو وصف الحقائق الى تطبيق عملي وميداني يستفاد منه الأنسان في نشاطاته المختلفة .

7- تعمل GIS على خلق علاقات بين الأنشطة الاقتصادية والعمرانية,حيث توجد علاقات غير منظورة يمكن ترجمتها الى أشكال بيانية مخططات يسهل فهمها .

8- تعد GIS وسيلة جيدة لفهم وحسن أداره البيئة.[12]

استخدام GIG في تحليل سطح الأرض:

تستخدم GIS في تطبيقات متنوعة ومجالات مختلفة,ورغم اختلافها ألا أنها تجمعها صفة الموقع الجغرافي والذي يعد العنصر الأساسي الذي منه تبدأ عملية التحليل, بعد توفر المعلومات على شكل خرائط أو طبقات,ولغرض تحقيق نتائج حقيقية لابد أن تتوفر المعلومات الأساسية التي تتعلق بالأرض ومنها ما يأتي:

أ- شبكة جوديسية لتوفر مرجع أحداثي دقيق,أو إحداثيات جغرافية(خطوط الطول ودوائر العرض).

ب- قاعدة بيانات طوبوغرافية والتي بواسطتها يمكن ربط المعلومات الجغرافية الأخرى ببعضها.

ج- بيانات عن مسح الأرض والتي تكون مرجعا لاستعمالات الأرض وملكيتها,ومعلومات ديمغرافية متنوعة.[13]

وتستخدم نظم المعلومات على نطاق واسع في تحليل مظاهر سطح الأرض والتعرف على نوع التضاريس في منطقة الدراسة, حيث تضم المعلومات التي توفرها برامج تلك النظم البيانات مكانية مورفومترية أي قياسية تشمل أبعاد تلك المظاهر وطبيعة الانحدار, وبيانات وصفية عن موقع وموضع الظواهر وعلاقتها بما يحيط بها.

كما تستخدم نظم المعلومات في متابعة التطورات التي تشهدها بعض المظاهر مثل مناطق السواحل أو تحرك الكثبان الرملية أو عمليات التعرية والارساب النهري, وغير ذلك من العمليات الجيومورفولوجية التي يتعرض لها سطح الأرض,حيث تمتلك نظم المعلومات قابليات وقدرات لا تمتلكها النظم والبرامجيات الأخرى مما أعطى مرونة كبيرة في امكانية استخدامها في مجالات عدة.

ومن تلك القدرات تحليل نموذج التضاريس الرقمي DIGITAL TERRAIN ANALYSIS اذ تستطيع برامج GIS بناء نماذج ثلاثية الأبعاد للموقع الجغرافي عندما يمكن تمثيل طوبوغرافية هذا الموقع بنموذج بيانات (إحداثيات) س،ع، ص،(Z,Y,X) ويعرف بأسم نموذج التضاريس أو الارتفاع الرقمي DIGITAL TERRAIN OR ELEVATION MODEL ويشار أليه اختصارا بالأحرف (DEMأوDIM) شكل رقم2- 10 نموذج تضاريس رقمي من مجموعة إحداثيات,ويمكن استخدام البيانات المشتقة من نموذج التضاريس الرقمي في تحليل الظواهر البيئية أو المشاريع الهندسية التي تتأثر دراستها بالارتفاع أو الميل كما في دراسة الغابات والارساب النهري .

وتسمح إمكانيات للإظهار البصري في الحاسوب بعرض نموذج التضاريس الرقمي في شكل ثلاثي الأبعاد من أية زاوية مطلوبة,على سبيل المثال يستطيع المهندسون استخدام نموذج الارتفاع الرقمي لمعرفة الأسلوب المناسب في حجب منشأ جديد عن التضاريس المحيطة, مثل منجم مفتوح وتقدير كمية الحجب الإضافي اللازمة لأخفاء المنشأة أو تقليل مستويات الضجيج الناجمة عنه .[14]

شكل رقم (2-1)

شكل رقم _1-2) مظهر تضاريسي

5- نظام تحديد المواقع العالمي GPS

تعد البيانات التي يتم الحصول عليها من أقمار تحديد المواقع العالمي GLOBAL POSTINING SYSTEM من مصادر المعلومات المهمة التي تعتمد عليها GIS,والتي لا تقتصر على الأغراض العسكرية والملاحية فقط بل يستفاد منها الباحثون في مجالات متعددة,ولا يحتاج ذلك الى جهود كبيرة فقط استخدام أجهزة يدوية سهلة الاستعمال مثل motarola LDT1ooo والتي من خلالها يمكن الحصول على ما يأتي:

أ- الإحداثيات الجغرافية للموقع(خطوط الطول ودوائر العرض)

ب- ارتفاع الموقع عن مستوى سطح البحر.

ج- اتجاه وسرعة المركبات والسفن والطائرات التي يتم تتبعها بواسطة هذا النظام.

د- المسار الخطي للمركبات والطائرات والسفن الى الهدف المحدد لها.

هـ- تقدير وقت الوصول الى الهدف.

و- التعرجات في المسار.

ز- نوع القمر الاصطناعي ووقت عمله وتاريخه.

ويمكن استخدام تلك المعلومات في تصميم قاعدة معلومات جغرافية بسرعة وعلى درجة عالية من الدقة حيث يمكن قراءة المعلومات التي تنتجها أجهزة الاستقبال بواسطة برامج GIS مثل ERDAS أو ARCINFO.[15]

ويعد نظام تحديد المواقع العالمي من أهم الأنظمة التي تم استخدامها على نطاق واسع في مجالات عدة ونظام تحديد المواقع يعني

RAVIGATION SATELLITES FOR TIMING AND RANING / GLOBAL POSITIONING SYSTEM (NAVSTAR/ GPS)

أي الأقمار الاصطناعية الملاحية لتحديد الوقت والمدى / نظام تحديد المواقع العالمي GPS .

يتبع النظام وزاره الدفاع الأمريكية والتي قامت بإطلاق أول قمر لهذا الغرض 1981 والتي لازالت تتولى أدارته والأشراف عليه وكان الهدف منه تحديد المواقع في أي مكان على سطح الأرض على مدار الساعة وفي جميع الظروف حيث يقوم المستخدم باستقبال إشارات من الأقمار الاصطناعية دون الحاجة الى أي إشارات منه .وقد سمح فيما بعد هذا النظام للأغراض المدنية ،حيث تطوير أساليب معالجة البيانات مما زاد من كفاءة أداء مهام تلك الأقمار الاصطناعية ومن مزايا النظام :.

1- لا يحتاج الى وجود رؤيا متبادلة بين النقاط الموجودة في الأعمال المساحية .
2- يوفر معلومات طول الوقت دون توقف وفي أي مكان على سطح الأرض .
3- لا يتأثر بالظروف المناخية المختلفة .
4- ذو كفاءة عالية في توفير المعلومات .
5- لا يحتاج استخدام أيدي عاملة كثيرة .
6- تحديد المكان والزمان بدقة كبيرة .
7- توفر الأجهزة التي تستخدم لهذا الغرض وبأسعار متفاوتة حسب دقتها .

أقسام النظام

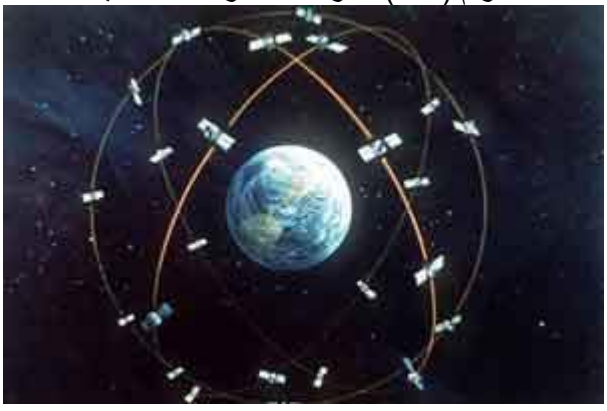
يتألف GPS من ثلاثة أقسام أساسية هي :

1- قسم الفضاء SPACES EGMENT
2- قسم التحكم CONTORAL SEGMENT
3- قسم المستخدم USER SEGMENT

1- قسم الفضاء :

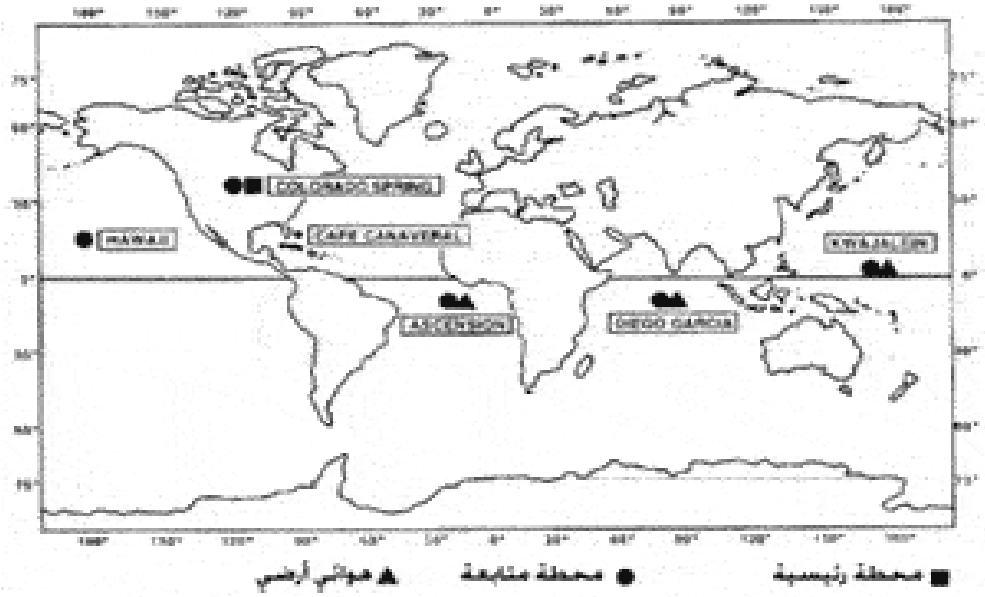
يتألف من مجموعة من الأقمار يصل عددها الى 31 قمراً تدور حول الأرض على ارتفاع يصل متوسطه الى حوالي 20200 كم حيث تعمل مجموعة من الأقمار وهي حوالي ثلاثة أرباعها والباقية احتياطية,أي يعمل منها بشكل متواصل24 قمر, وتتم دورتها حول الأرض في 11 ساعة و58 دقيقة ويدور حول الأرض مرتين في اليوم، وهي موزعة في ستة مدارات شكل رقم(3-1).

شكل رقم (3-1) مدارات الأقمار الاصطناعية



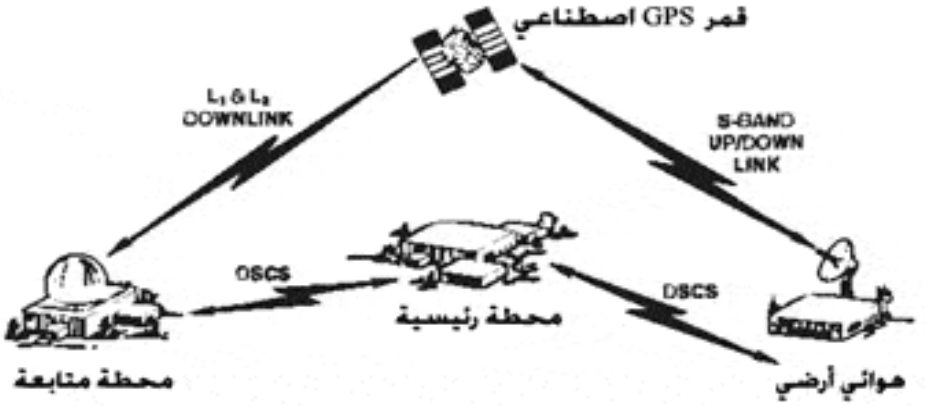
وصمم النظام على أساس إطلاق الأقمار على شكل أجيال متعاقبة بحيث يتم إحلال 31 قمر العاملة منها فعلاً 28 كلفة القمر الواحد 100 مليون دولاراً .
ويقوم كل قمر بإرسال أشاره باتجاه الأرض تتألف من مجموعة من الأقسام وتظم عدداً كبيراً من البيانات التي تستخدم لقياس المسافة بين القمر والمستقبل على الأرض ولحساب إحداثيات القمر في كل لحظة أثناء حركة في الفضاء وبالتالي يستطيع المستقبل من حساب إحداثيات الوقوف .
2- قسم التحكم .
أن مهمة قسم التحكم هو متابعة ومراقبة الأقمار بشكل مستمر وذلك من أجل التأكد من استمرار عملها بشكل دقيق وفي حالة حدوث أخطاء أثناء دورانها حول الأرض يتم تصحيحها ، ويتكون هذا القسم من خمس محطات متابعة واستقبال ومحطة الآلية للمعالجة وثلاث هوائيات شكل رقم(1- 4)

شكل رقم(1- 4) المحطات والهوائيات وأجهزة المراقبة الأرضية.



حيث تقوم محطات المتابعة برصد الأقمار خلال أليوم وإرسال بيانات الرصد الى المحطة الرئيسية للمعالجة ، وتقوم بحساب الأغرافات في مدار الأقمار وحساب التصحيحات اللازمة لها ومن ثم تقوم بإرسال هذه البيانات الى الهوائيات التي تتولى عملية إرسال البيانات الى الأقمار أثناء دورانها حول الأرض للمحافظة على البيانات التي يرسلها القمر حديثة ودقيقة ليتم حساب إحداثيات النقاط على سطح الأرض بشكل دقيق كما في شكل رقم (1- 5) .

شكل رقم (1- 5) متابعة عمل قمر اصطناعي



3- قسم المستخدم .
يتكون من قسمين عسكري ومدني ،ومن مميزات النظام تغطية تطبيقات متعددة تتفاوت فيما بينها من حيث الدقة وأسعار الأجهزة والمعدات المستخدمة فيما بعض التطبيقات التي تتطلب دقة منخفضة مثل أعمال النقل بري أو بحري أو جوي وهذه تحتاج الى أجهزة رخيصة الثمن وسهلة الاستعمال والتطبيقات التي تتطلب مستوى متوسط من الدقة مثل الأعمال المساحية تحتاج الى أجهزة أفضل من النوع السابق تتطلب خبرة أكبر في مجال استعمالها في حين تحتاج تطبيقات أخرى الى مستوى عال من الدقة لذا تحتاج الى أجهزة أكثر تطوراً من السابقة والى خبرة عالية للتوصل الى نتائج دقيقة .(16)

تقوم الأقمار الاصطناعية بإعطاء معلومات عن الوقت والموقع لكي تتمكن أجهزة استقبال GPS من حساب المواقع على الأرض . ويجب استقبال أشارة من ثلاثة أقمار على الأقل لتحديد موقع جهاز الاستقبال في شكل خط عرض وخط طول , أو أي شكل أخر تابع لشبكة الإحداثيات المملية إذ تم تعريفها في جهاز الاستقبال , فيما يتطلب حساب ارتفاع الموقع وجود إشارات إضافية من قمر اصطناعي رابع .
وتستخدم تقنية GPS للحصول على بيانات متجهة عن المواقع الجغرافية وتوفر بعض أجهزة الاستقبال المتطورة لرصد النقاط والخطوط والمضلعات وتخزينها في طبقات منفصلة فوق بعضها البعض مع جداول أعداد البيانات فضلاً عن إمكانية تصديرها الى GIS, مثال ذلك الحصول على المعلومات عن الآبار في قرية حيث يقوم مستخدم GPS أولاً بإنشاء جدول لتخزين البيانات الوصفية (يسمى بمعجم البيانات) يتضمن أسم المالك رقم الترخيص وعمق البئر ,ثم يجري مسح ميداني لرصد المواقع من خلال استخدام الجهاز المعد لذلك ,حيث يتم الضغط على زر خاص في الوقت من المفاتيح بعد الوقوف عند البئر مباشرة وبالتالي يتم الحصول على البيانات المكانية وصفاتها وهي بيانات جاهزة للاستخدام في معظم برامجيات GIS .

ويهيمن الجانب العسكري الأمريكي على معلومات GPS والذي عمل على تظليل الدقة في المعلومات لفترة من الوقت تصل الى حوالي 100 م حيث تستخدم تلك القوات العسكرية أسلوب التوفير الانتقائي ، حيث تمي برمجة الأقمار الاصطناعية بشكل يعطي معلومات غير دقيقة عن

الوقت والمواقع وذلك لمنع القوات المعادية من الاستفادة من تلك المعلومات .ويعد ذلك تم تخفيض التوفير الانتقائي SELECTIRE AVAILABILITY
الى 10 م ، وأذا كانت هذه الدقة لاتفي بالغرض المطلوب يمكن استخدام أجهزة استقبال متطورة لتحليل الإشارة المتقطعة في الأقمار الاصطناعية ومقارنتها بالإشارة المستقبلة من المحطات الأرضية للحصول على معلومات أكثر دقة تصل الى أقل من 1م ويسمى هذا الأجراء بالتصحيح التفاضلي ويطلق على أجهزة الاستقبال القادرة على القيام بهذه المهمة أسم DCPS أختصاراً الى (DIFFERENTIOL).[17]

6- التحري الموقعي(الدراسة الحقلية)

ان المعلومات التي توفرها المصادر المكتبية والاستشعار عن بعد مهما كانت دقيقة لا تغني عن التحري الموقعي لغرض الوقوف على الحقائق ميدانيا, والتعرف على الخصائص الشكلية والتكوينية لمظاهر السطح المختلفة من خلال أجراء الفحوصات المختبرية والقياسات المختلفة التي تؤكد صحة المعلومات المتوفرة والتي قد يكون البعض منها لايفي بالغرض المطلوب بما يحقق الغرض من الدراسة,او ما يحتاج اليه الباحث الجيومورفولوجي, لذا يقوم الباحث بأجراء المسح الميداني بنفسه بعد توفير المعدات اللازمة لذلك ومنها مايأتي:

أ- خريطة طوبوغرافية لمنطقة الدراسة تتضمن المعالم الاساسية للمنطقة لتسهيل عملية تثبيت عليها المعلومات

ب- مستلزمات الدراسة الميدانية ومنها ما يأتي :

1- أجهزة قياس الأبعاد الرأسية والأفقية مثل الكلانوميتر(Clinometer) لقياس الانحدارات , وجهاز قياس المساحة, وشريط معدني أو قماش لقياس الأبعاد المختلفة .

2- جهاز قياس حموضة التربة(PH).

3- أجهزة قياس التصريف المائي, كالقامة المدرجة وجهاز قياس سرعة التيار(currentmeter) وزورق، وكذلك لقياس أبعاد الجزر وتراجع وتقدم الضفاف.

4 - معدات للتحري عن المكونات السطحية وتحت السطحية, كالمجرفة والمطرقة والفأس, وأكياس لجمع النماذج التي يتطلب فحصها مختبريا من التربة والصخور.

5- جهاز GPS لقياس ارتفاع المنطقة عن سطح البحر وتحديد الموقع حسب خطوط الطول ودوائر العرض.

ثالثا- العناصر والجوانب التي تشملها الدراسة الموقعية أو الميدانية:

1- التكوينات السطحية وتحت السطحي(تربة , صخور).

2- النظام الهيدرولوجي السطحي والجوفي.

3- النظام البيئي السائد, صحراوي, زراعي, جاف , رطب, مستنقعات, وطبيعة المناخ السائد والنظام البايلوجي القائم.

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

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

6- الموارد الطبيعية المتوفرة في منطقة الدراسة والمناطق المحيطة بها والتي يمكن استخدامها في بعض المشاريع والانشطة القائمة او التي ستقام مستقبلا.

7- طبيعة تضاريس المنطقة وخصائصها المختلفة والتي يتم التعرف عليها من خلال أجراء قياسات لابعاد بعض عناصرها والمتمثلة بما يأتي:

أ- درجة تضرس المنطقة:

تتضمن كل منطقة تضاريس قد تكون متنوعة يتم التعرف على طبيعة امتدادها وابعادها بالنسبة للمساحة الكلية لمنطقة الدراسة, ويجري حساب ذلك من خلال درجة تقارب وتبعادالمرتفعات والمجاري النهرية العميقة, والتي من خلالها يمكن معرفة طبيعة تضرس المنطقة, حيث يكون التضرس شديدا في المناطق التي تتقارب فيها المرتفعات والمجاري المائية, وبسيطا في المناطق التي تتباعد فيها.

ب- طبيعة التضرس المحلي:

أن التعرف على طبيعة التضرس المحلي يتطلب أجراء إلى قياسات منها ما يأتي:

1- متوسط منسوب أجزاء المنطقة بالنسبة لمستوى سطح البحر, اذ يتم تقسيم المنطقة الى اقسام متجانسة ومن ثم قياس كل قسم على حده.

2- متوسط البعد الرأسي بين أعلى واقل منسوب للمرتفعات والمنخفضان في منطقة الدراسة بالنسبة لمستوى سطح البحر, ولتحقيق ذلك تقسم خريطة المنطقة الى مربعات متساوية, مساحة كل مربع 1كم^2 ثم يحدد منسوب أعلى واقل نقطة في كل مربع ومنها يتضح تباين الوضع التضاريسي.

ج- معدل ارتفاع المنطقة:

ان معرفة معدل ارتفاع منطقة الدراسة يتم من خلال نسبة مساحات أجزاء تلك المنطقة المرتفعة والمنخفضة بالنسبة للمساحة الكلية, ويستخدم لهذا الغرض خريطة كنتورية لتلك المنطقة, ويتم قياس مساحات أجزاء المنطقة باستخدام أجهزة القياس المختلفة ومنها البلانوميتر, كما تطبق المعادلة الآتية:

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

م س. معدل ارتفاع الجزء المراد قياسه.

م . متوسط ارتفاع الجزء المراد قياسه.

ق. اقل منسوب في الجزء الذي تم قياسه.

س. السطح المحلي(البعد بين أعلي واقل منسوب في المساحة الكلية).[18]

د- قياس انحدارات المنطقة وعمل خرائط وأشكال ومقاطع لها تتضمن رموز وعلامات تعبر عن طبيعة تلك الانحدارات من حيث الشكل والدرجة, وسيتم تناول ذلك بشكل مفصل في الفصل الثالث.

هـ - تصنيف مظاهر السطح في منطقة الدراسة

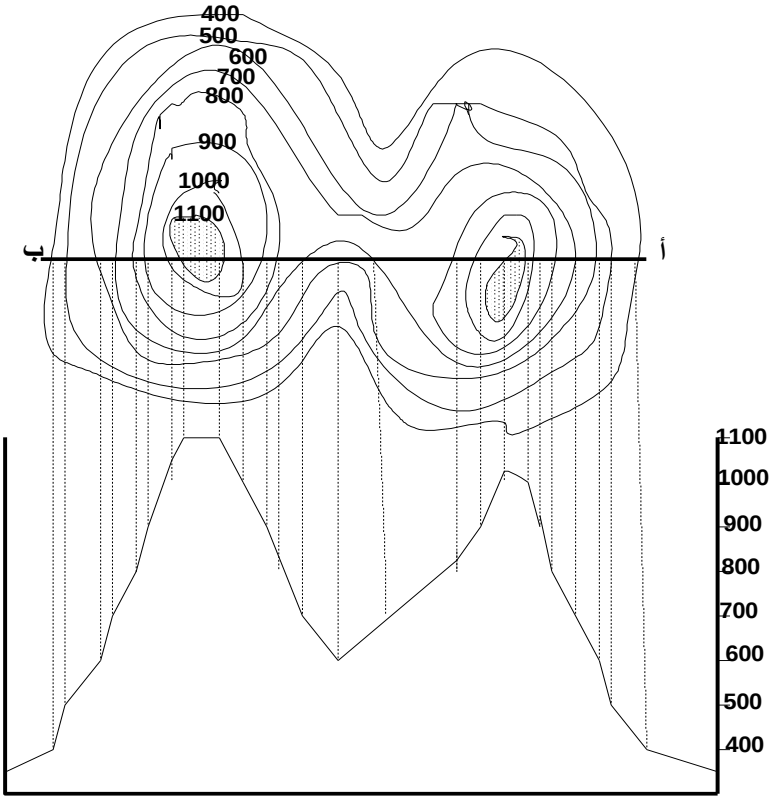
يقوم الباحث العلمي بتمييز مظاهر السطح المختلفة في منطقة الدراسة وتصنيفها الى مجا ميع متباينة, وربما يكون ذلك حسب العامل المسبب في تكوينها وكما يأتي:

1- مظاهر ناتجة عن اختلاف بنية وتركيب الطبقات الصخرية , وتسمى بالمظاهر التركيبية مثل الحافات الصخرية والمصاطب والشواهد او الموائد الصخرية والكويستات التي توجد عند السواحل البحرية او في المناطق الصحراوية.

2- أشكال أرضية ناتجة عن عمليات التعرية والارساب النهري كالمنعطفات والبحيرات الهلالية والمدرجات النهرية والجزر والد لتوات والسهول الفيضية.
3- مظاهر الجريان السطحي في منطقة الدراسة وأنماطه وعلاقة ذلك بطبيعة التكوينات وميل الطبقات, فبعض المجاري تتبع ميل الطبقات في جريانها واخرى معاكسة له.
4- مظاهر ناتجة عن الانزلاقات والانهيارات والهبوط وزحف التربة.
5- مظاهر ناتجة عن العمليات الباطنية البطيئة والسريعة كالحركات الارضية والزلازل والبراكين.
6- أشكال تكونت بفعل عمليات التعرية والارساب الريحي والجليدي.
ومن الجدير بالذكر أن تصنيف مظاهر السطح يكون بطرق متعددة منها ما يأتي:
أ- تصنيف المظاهر حسب القوى التي نتجت عنها مظاهر السطح, مثل المظاهر الناتجة عن القوى الخارجية مثل العمل الريحي والمائي والجليدي وغيرها, ومظاهر ناتجة عن عمل الزلازل والبراكين.
ب- تصنيف المظاهر حسب العملية الجيومورفولوجية, مثل المظاهر الناتجة عن عمليات التعرية والناتجة عن عمليات الارساب أو عمليتي التعرية والارساب معا, أو ناتجة عن عمليات الإذابة والهبوط, أو ناتجة عن العمليات الباطنية.
ج- تصنيف مظاهر السطح حسب الدرجة, مثل مظاهر الدرجة الأولى والثانية والثالثة.
د- تصنيف مظاهر السطح حسب المستوى, مثل التضاريس السالبة والموجبة.
و- عمل قطاعات تضاريسية لسطح الأرض في منطقة الدراسة ومنها ما يأتي:
1- قطاعات بسيطة:
يعني القطاع خط بياني يوضح طبيعة سطح الأرض رأسيا على محور معين حيث يظهر الخط مرتفعا في المناطق المرتفعة ومنخفضا في المناطق المنخفضة, أي يظهر مواقع الارتفاع والانخفاض ضمن المنطقة التي يمر بها المقطع, كما يوضح طبيعة انحدار السفوح التي لايمكن تمييزها على الخرائط الطوبوغرافية بوضعها الاعتيادي, ويستفاد من ذلك في مجالات مختلفة كتصريف المياه واقامة المشاريع والأبنية , ويتم رسم تلك القطاعات حتى على مسافات قصيرة ارتفاعا وانخفاضا.[19]
وترسم تلك القطاعات بطريقتين هي:

أ- الطريقة الأولى :
تعتمد هذه الطريقة على عدة الخطوات هي:
1- توفير خريطة كنتورية للمنطقة التي يراد رسم قطاع لها.
2- تعيين موقع القطاع من خلال رسم خط يصل بين نقطتين على الخريطة الكنتورية .
3- رسم خط افقي موازٍ الى خط المحور الذي يمثل القطاع يمر اسفل الخريطة وعلى مسافة مناسبة وبطول يساوي المسافة الافقية للقطاع.
4- رسم خطين عموديين عند نهايتي الخط الأفقي يتم تقسيمهما الى أجزاء متساوية ومساوية لعدد الخطوط الكنتورية التي يقطعها محور القطاع, وتثبت أرقام تلك الخطوط عليها من الأصغر الى الأكبر .
5- رسم خطوط بسيطة تمتد من نقاط تقاطع الخط المحوري مع الخطوط الكنتورية باتجاه خط المسافة الافقية وينتهي كل خط عند الرقم الذي يمثله.
6- رسم خط يوصل بين النهايات النازلة يكون على شكل خط بياني يوضح طبيعة سطح الارض في ذلك الموضع.[20] شكل رقم (6-1 أ).

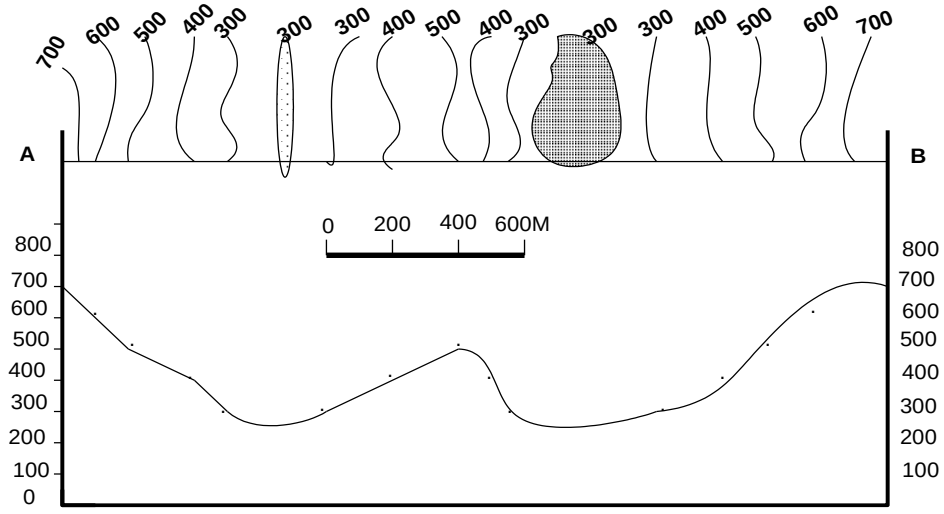
شكل رقم(6-1أ) قطاع تضاريسي بسيط



ب- الطريقة الثانية:

تشبه الطريقة السابقة من حيث الخطوات الأساسية في رسم القطاع ألا انه في هذه الطريقة يستخدم ورق رسم بياني بدلا من رسم القطاع على نفس ورقة الخريطة الكنتورية , إذ تثبت تلك الورقة على طول خط محور القطاع ويؤشر عليها نقاط تقاطع المحور مع الخطوط الكنتورية مع تثبيت قيمة كل خط , وبعد ذلك تطبق نفس الخطوات المار ذكرها في الفقرة (3) وما بعدها.[21] شكل رقم(7-1ب).

شكل رقم(7-1ب) قطاع تضاريسي بسيط



2- قطاعات طولية توضح طبيعة انحدار سطح الارض في الموقع الذي تم عمل قطاع له سواء كان سفح مرتفعات او هضاب, او طبيعة انحدار الاودية ومجاري الانهار, ويستفاد من هذه الخاصية عند تنفيذ المشاريع المختلفة في تلك الإمكان كالأبنية والطرق والسدود والخزانات والمطارات وغيرها.

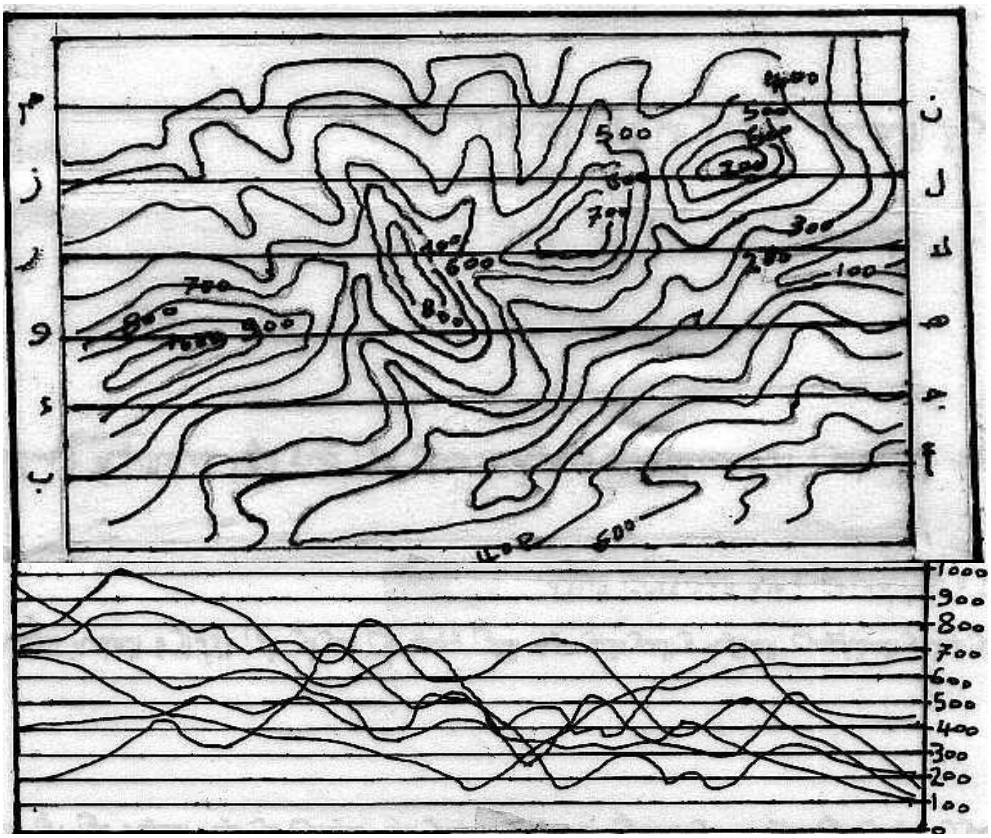
3- قطاعات عرضية للأودية الجافة ومجاري الانهار, ويكون في الغالب بشكل منتظم المسافة ما بين قطاع واخر من بداية منطقة الدراسة حتى نهايتها, آي تكون المسافة بين قطاع واخر 1كم او اكثر وكلما كانت متقاربة تعطي مؤشر واضح عن التغيرات التي حدثت في المجرى بمرور الزمن, وتظهر المناطق التي تركزت فيها التعرية والتجوية والارساب, أي توضح مواقع الضعف والقوة في ضفاف الانهار والاودية.

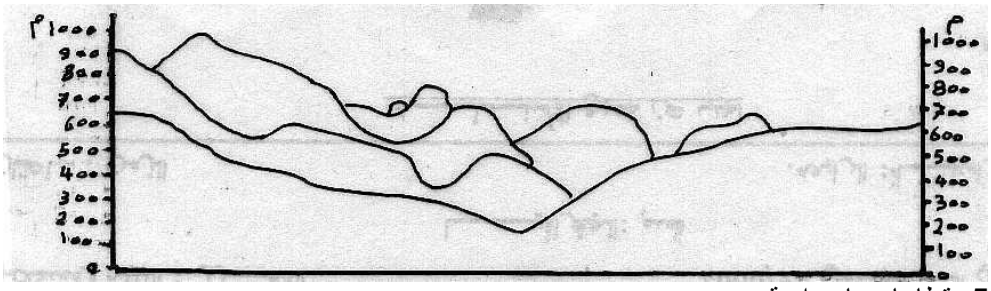
4- قطاعات متداخلة

تحتاج بعض المناطق الى رسم اكثر من قطاع بشكل عمودي او رأسي وبنفس الطرق السابقة, اذ يتم رسم عدة محاور أفقية توزع بشكل متساوي أو منتظم عموديا او رأسيا, ويتم رسم قطاع عرضي عند كل محور ومن ثم تثبيت كل واحد في مكانه فتظهر متداخلة مع بعضها.[22] شكل رقم(8-1).

ويظهر من رسم تلك القطاعات تباين ارتفاع أجزاء منطقة الدراسة من مكان لاخر, اذ تظهر الأجزاء المرتفعة واضحة في كل قطاع بينما تختفي الأجزاء المنخفضة في القطاعات العليا. ويستفاد من هذا التباين في مجالات عده.

شكل رقم 1-8) مراحل رسم قطاعات متداخلة

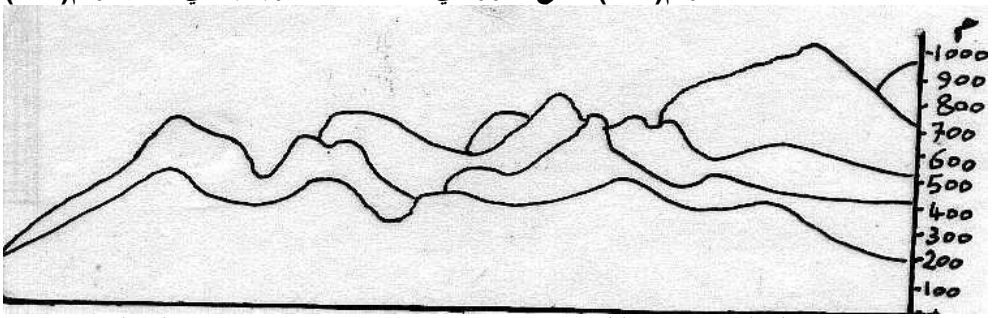




5- قطاعات بانورامية:

تشبه تلك القطاعات المتداخلة في طريقة رسمها ألا انه في هذا النوع تختفي الأجزاء التي يقع أمامها قطاع مرتفع , وهذا يعني ان القطاع الاول يظهر كاملا والثاني تظهر منه أجزاء وهكذا بقية القطاعات الأخرى, ومن الجدير بالذكر ان منظر البانوراما يتغير بتغير الزاوية التي ينظر منها الباحث.[23] شكل رقم(1- 9) قطاع بانورامي للمنطقة التضاريسية الموضحة في الشكل رقم (1- 3) بالنظر أليها من جهة اليمين.

شكل رقم(9-1) قطاع بانورامي للمنطقة التضاريسية في الشكل رقم(8-1)



6- استخدام الاشكال البيانية في تحليل عناصر مظاهر سطح الارض بالاعتماد على الخريطة الكنتورية وبطرق عدة منها مايأتي:

أ- المنحنى الهبسوغرافي او الهبسومتري.

يستخدم هذا النوع من الاشكال البيانية في توضيح العلاقة بين أي متغيرين مثل الارتفاع والمساحة ويكون وفق الخطوات آلاتية:

1- قياس المساحة بين كل خطي كنتور متتاليين باستخدام أجهزة قياس المساحة المتنوعة.

2- رسم محورين افقي يمثل المساحات ورأسي يمثل الارتفاعات.

3- تحويل مساحات الانطقة الى نسب مئوية اذا كانت الأرقام كبيرة يصعب تمثيلها وحسب القانون

$$\frac{\text{مساحة النطاق } 100x}{\text{المساحة الكلية}}$$

ويستفاد من المنحنى في دراسة الانحدارات المختلفة وأحواض الأنهار لمعرفة المرحلة التي يمر بها النهر(الشباب , النضج, الشيخوخة) وطبيعة المجرى بصورة عامة.[24]

مثال: رسم منحنى هبسوغراف لمنطقة موضحة على خريطة كنتورية مساحتها(8000كم^2)وكانت المساحات المحصورة بين خط واخر هي:

0-- 50 = 2000 كم2

0--100 = 4000كم2

0--200 = 6000كم2

الحل: نستخرج النسب المئوية لتلك المساحات حسب القانون السابق وكما يأتي:

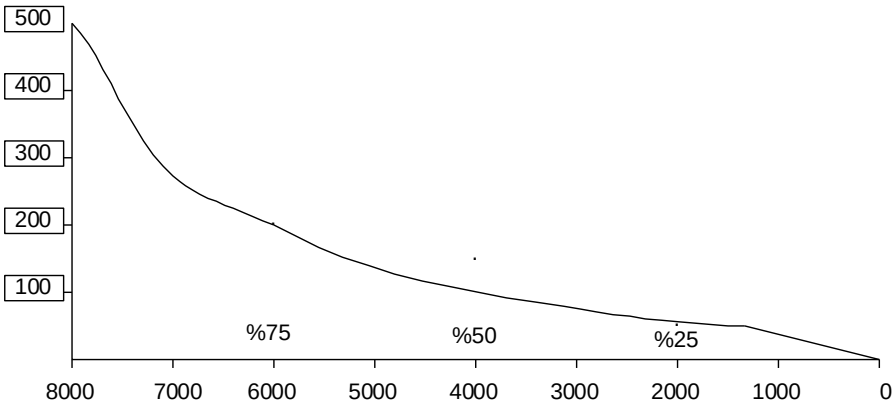
1- $\frac{100x2000}{8000} = \%25$

$$2\text{-}\ \%50 = \frac{100x4000}{8000}$$

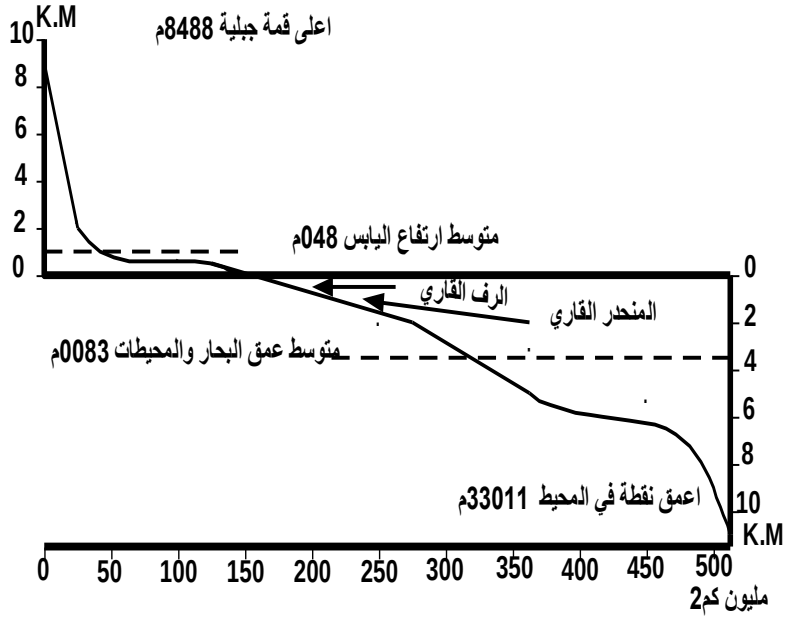
$$\%75 = \frac{100x6000}{8000}\text{-}3$$

ومن النتائج يمكن رسم منحنى كما في الشكل رقم(10-1)
أما في مجال تمثيل الماء واليابس على الكرة الارضية فيمكن استخدام الأرقام الصحيحة فيكون المنحنى كما في الشكل رقم(11-1).

شكل رقم(10-1) هبسوغراف يوضح توزيع أجزاء المناطق بالنسبة للمساحة الكلية



شكل رقم(11-1) منحنى هبسوغراف يوضح توزيع الماء واليابس على الكرة الأرضية



ب- منحنى كلينوغرافي(Clinographic)

يستخدم هذا النوع في تمثيل مقدار زاوية ميل الانحدار بين كل خطي كنتور متتاليين, ويوضح المنحنى طبيعة انحدار السفوح بشكل دقيق لايمكن ان تظهره الخرائط الكنتورية, ويتطلب رسمه ما يأتي:

1- استخراج زاوية الانحدار بين خط واخر ويعتمد ذلك على عنصري الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية بينهما.

2- رسم خطان أحدهما افقي يمثل سطح الارض والآخر رأسي يمثل مقدار الارتفاع كما مثبت في الخريطة الكنتورية.

3- رسم خطوط أفقية موازية للخط الأفقي وبعدد الخطوط الكنتورية وعلى مسافات منتظمة بين خط واخر.

4- رسم خطوط بين خط واخر مائلة بزاوية مساوية للزاوية الحقيقية الناتجة عن العلاقة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية بين خط واخر.[25]

مثال: ارسم منحنى كلينوغرافي لانحدار سفح موضح على الخريطة الكنتورية في الشكل رقم (1-7) والتي كانت قيم الزوايا بين خط واخر بعد تطبيق المعادلة الخاصة بالزوايا كالأتي:

10 =50 ---0

20=100---50

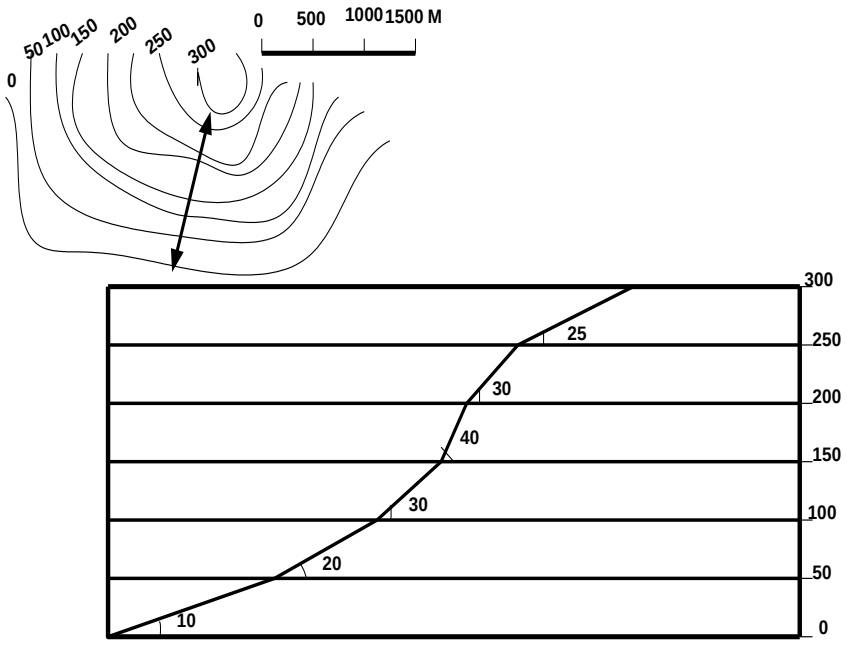
30=150---100

40=200 ---150

30 =250---200

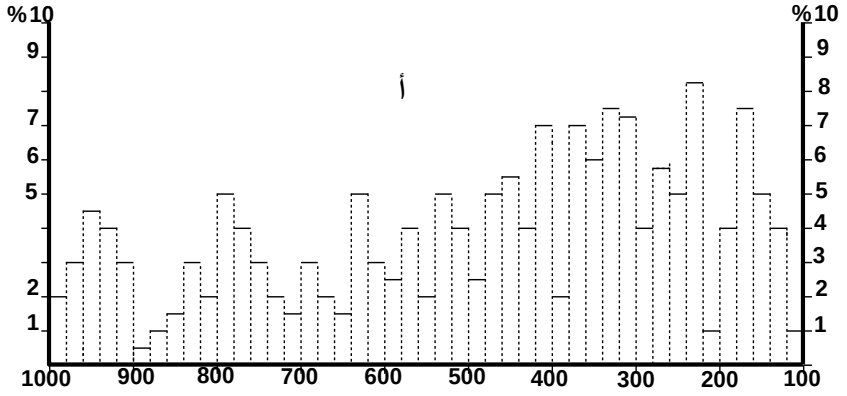
25 =300---250
ومن خلال تطبيق الخطوات التي مر ذكرها يكون شكل الكلينوغراف كما في الشكل رقم(12-1)

شكل رقم(12-1) منحنى كلينوغرافي

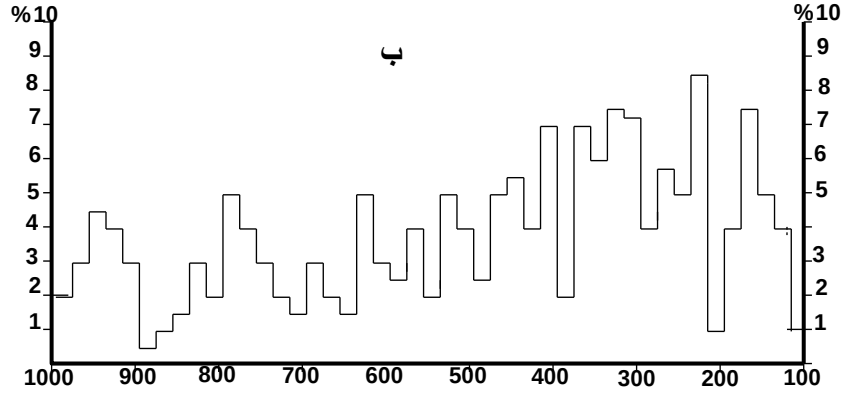


ج- منحنى التمتري:
يستخدم هذا المنحنى في توضيح العلاقة بين مناسيب مختلفة على سطح الارض والتي من خلالها يمكن معرفة التغيرات التي شهدتها تلك المنطقة نتيجة لعمليات تعرية أوار ساب او هبوط او انهيار ادت الى تغير مظهر الارض, ويحتاج رسم المنحنى خريطة كنتورية للمنطقة التي يراد رسم منحنى لها, اذ يرسم خط افقي تثبت عليه مناسيب الارتفاع فوق مستوى سطح البحر بما يتناسب مع ما تتضمنه الخريطة الكنتورية من ارتفاعات, كما يرسم خط رأسي يمثل مساحة المناطق الواقعة بين الخطوط الكنتورية , بحيث تتحول تلك المساحات الى أعمدة متباينة الارتفاع, شكل رقم(13-أ), وبعد الانتهاء من رسم الأعمدة تحذف الخطوط العمودية فيتحول الشكل الى منحنى يوضح طبيعة السطح في تلك المنطقة.[26] شكل رقم(13-ب).

شكل رقم (13-1) مراحل رسم منحنى الالتمتري



الارتفاع عن مستوى سطح البحر بالامتار



الارتفاع عن مستوى سطح البحر بالامتار

مراجع الفصل الاول

1- د. العيسوي محمد الذهبي ود. نبيل الحسيني؛ أساسيات الجيولوجيا, دار المعرفة الحديثة, ألا سكندرية,1994, ص7.
2- د. يحيى عيسى فرحان؛ التطبيق الهندسي للخرائط الجيومورفولوجية, نشرة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية الكويتية عدد13سنة 1980,ص24.
3- د.عبد رب النبي محمد عبد الهادي؛ المدخل في علم الاستشعار عن بعد, الدار العربية للنشر والتوزيع , 1992, ص30.
4- د. محمد الخزامي عزيز, تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الخصائص الوظيفية لمنطقة الشويخ الصناعية في الكويت, بحث منشور في مجلة العلوم الاجتماعية, قسم الجغرافيا ,جامعة الكويت,العدد2 مجلد 29 سنة 2001.
5- د. يحيى عيسى فرحان؛ الاستشعار عن بعد وتطبيقاته, ج1 , الصور الجوية, عمان الأردن 1987, ص175.
6- د. علي شكري ود. محمود حسين عبد الرحيم ود. رشاد الدين مصطفى؛ المساحة التصويرية والقياس الإلكتروني ونظرية الأخطاء, منشأة المعارف, ألا سكندرية , 1995, ص17.
7- - د. فاضل السعدوني وغادة محمد سليم وحاتم سعيد الطويل؛ الاستشعار عن بعد في الهندسة المدنية, عمان 1995, ص175-178.
8- وزارة التربية القطرية, استخدام GIS مقال منشور عبر الأنترنت على الموقع
9- المنظمة العربية للتنمية الزراعية, دراسة قومية حول وثيقة مشروع قومي لنشر وتطبيق تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مراقبة التصحر وتحركات الجراد الصحراوي,,ص9.
10 د.محمد عبد الجواد محمد علي , نظم المعلومات الجغرافية, الجغرافيا العربية وعصر المعلومات, الرياض,1998,مكتبة الشكري,ص16.
11- www.gis.com,gis lounge
12- د.محمد عبد الجواد محمد علي,نظم المعلومات الجغرافية,مصدر سابق,ص95.
13- وزارة التربية القطرية ,استخدام GIS,مصدر سابق.
14- سامر الجودي,مبادئ نظام المعلومات الجغرافي , مقال منشور في مجلة التصميم بالحاسوب عبر الأنترنت سنة 2002 على الموقع www.magazine.net.
15- د.محمد الخزامي عزيز,نظم المعلومات الجغرافية,أساسيات وتطبيقات للجغرافيين,منشأة المعارف, ألا سكندرية,ط2, سنة 2000,ص162.
16- د. عدنان محمد احمد,مدخل الى تحديد المواقع العالميGPS,مقال منشور في مجلة التصميم بالحاسوب عبر الأنترنت,2002 على الموقع www.magazine.net.

17- سامر الجودي, تحيد المواقع الأرضية,مقالة منشورة في مجلة التصميم بالحاسوب عبر الأنترنت سنة 2002.
18 د. محمود توفيق سالم؛ أساسيات الجيولوجيا الهندسية , دار الراتب الجامعية , بيروت 1989, ص 16.
19-John Malcolm; Elementary surveying, university tulorial press Ltd– London, - 966 ,P 227

20- د. محمد صبحي عبد الحكيم وماهر عبد الحميد الليثي؛ علم الخرائط , مكتبة ألا نجلو المصرية , 1996, ص207.
21- د. محمد محمد سطيحه ؛ دراسات في علم الخرائط , دار النهضة العربية للطباعة والنشر, بيروت, 1972, ص 286.
22- د. محمد صبحي عبد الحكيم وزميله, علم الخرائط, مصدر سابق, ص 220
23- د. محمد صبري محسوب ود. احمد البدوي محمد الشر يعي؛ الخريطة الكنتورية قراءة وتحليل, دار الفكر العربي , القاهرة , 1999, ص 225.
24- المصدر السابق , ص 226.
25- د. محمد صبحي عبد الحكيم وزميله؛ علم الخرائط , مصدر سابق, ص231
26- د. محمد صبري محسوب وزميله؛ الخريطة الكنتورية, مصدر سابق , ص 239.

الفصل الثانـي

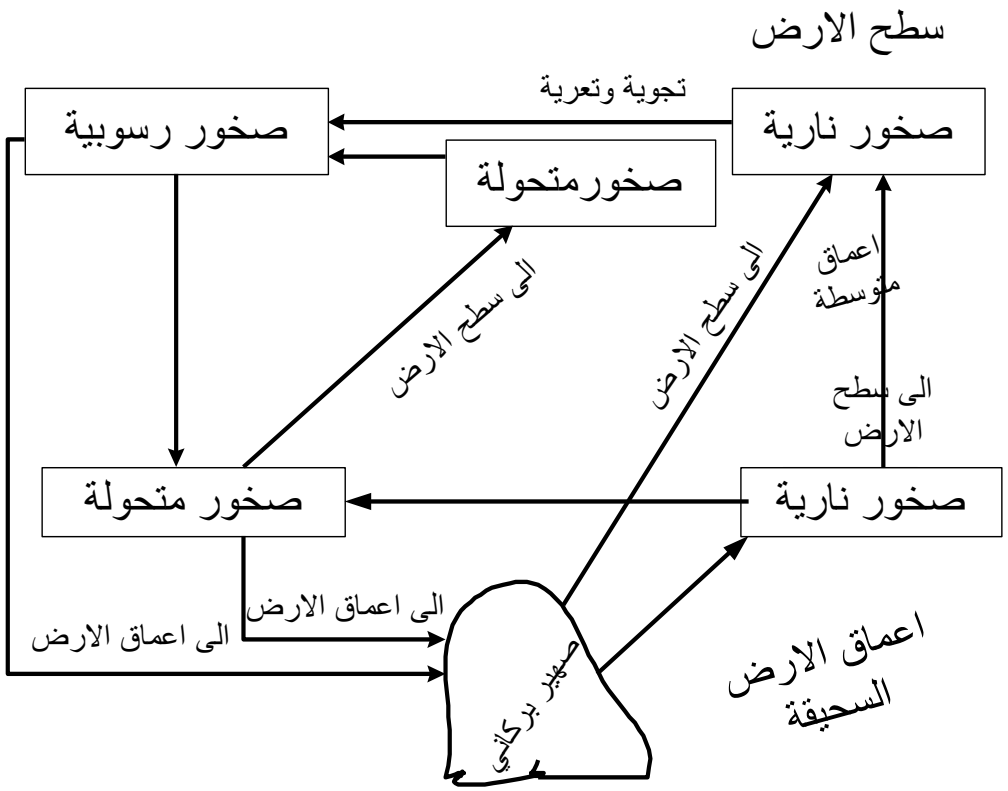
الدراسة الموقعية لتكوينات مظاهر السطح
(الصخور والتربة)

تتكون القشرة الارضية من طبقات صخرية يتباين سمكها من مكان لاخر كما مر ذكره ,ويغطي تلك الطبقات في معظم الأماكن طبقة هشة من التربة متباينة السمك , في حين تظهر الصخور مكشوفة على سطح الارض في بعض المناطق , ولتغطية الموضوع سيتم تناول الصخور والتربة كل على حده.

المبحث الاول: الصخور Rocks

تكونت الصخور والرواسب المعدنية في ظروف وبيئات معينة ساعدت على وجودها في ذلك الوقت, والتي لاتتوفر مثلها في الوقت الحاضر لذا توجد في مناطق دون أخرى ولايمكن إعادة توزيعها.
فالصخور توجد بأنواعها في القشرة الارضية وبنسب متباينة من مكان لاخر حسب الظروف والعوامل التي أسهمت في تكوين كل نوع, وقد ساعدت الظروف الجيولوجية والمناخية على أحداث تغيرات في خصائص صخور بعض المناطق فحولتها الى نوع أخر, وهذا ما يسمى بدورة الصخور في الطبيعة. شكل رقم(1-2).[1]

شكل رقم (1-2) دورة الصخور في الطبيعة



ولزيادة الإيضاح سيتم تناول انواع الصخور بشكل مختصر وبقدر ما يتعلق بالجوانب الاساسية التي تهمنا في هذا المجال وهي الخصائص الطبيعية لتلك الصخور وعلاقتها بالنشاط البشري.
وتحتاج دراسة الصخور الى التحري عنها موقعياً للتعرف على نوعها وخصائصها وطبيعة امتدادها والتي يتم تمثيلها بخرائط وأشكال توضيحية، وتتطلب تلك الدراسة ان يقوم الباحث بم أيأتي:

1- البحث عن مكاشف للطبقات الصخرية كسفوح الاودية والأجراف النهرية والبحرية والسفوح المقطوعة او المحفورة الى مستويات عميقة او نفق وغير ذلك من الجوانب التي يمكن الاستفادة منها في هذا المجال.

2- ا إزالة الطبقة السطحية من التكوينات لانها لاتمثل التكوينات الحقيقية لتعرضها الى عمليات تجوية وتعرية وتقع تحت تأثير العناصر المناخية والعوامل المؤثرة الأخرى، وتكون تلك الطبقة في الغالب هشة متكونة من التربة والمفتتات الصخرية لذا لاتعطي الصورة الحقيقية للوضع الجيولوجي في تلك المنطقة ، وعليه تزال تلك الطبقة السطحية لمعرفة الطبقات الأصلية التي تحتها، كما يستفاد من هذه الخاصية في التعرف على نشاط عمليات التعرية والتجوية في تلك المنطقة واسبابها ، فكلما كانت الطبقة الهشة سميكة يعني ان تلك العمليات نشطة في تلك المنطقة.

3- تحديد عدد الطبقات التي يتضمنها المقطع او المكشف من خلال أسطح الانفصال التي تقع بين طبقة واخرى ومن خلال اللون ونوع الترسبات أو النسيج .

4- اخذ نموذج من كل طبقة لتحليلها والتعرف على طبيعة تركيبها الكيميائي والفيزيائي ومن ثم تحديد نوع الصخور ، حيث يوضع كل نموذج بكيس خاص ويكتب عليه رقم الطبقة حسب تسلسلها من الأعلى او الاسفل.

وفي حالة عدم توفر مكاشف للطبقات فيمكن الاستعانة بطرق المسح الجيولوجي المتنوعة ومنها ما يأتي:

أ- الحفر او التثقيب:

ان عملية الحفر يكتنفها بعض الصعوبات وخاصة اذا كان سمك الطبقات كبيرا والصخور صلبة ، رغم ان وسائل التكنولوجيا الحديثة قللت من تلك الصعوبات من خلال عمليات التثقيب بالآلات الحديثة، ولذلك تعد من الطرق العلمية والعملية في توفير المعلومات المختلفة عن الصخور.

ب- الطرق الجيوفيزيائية:

تعتمد الطرق الجيوفيزيائية على الخواص الطبيعية للصخور مثل الكثافة النوعية والخواص المغناطيسية والمرونة والخاصية الكهربائية والإشعاعية، اذ يمكن اخذ قراءات مباشرة من سطح الارض باستخدام اساليب مختلفة والتي يستفاد منها في التحري عن البترول والمياه الجوفية والمعادن والتعرف على انواع الطبقات المكونة للأرض، ومن تلك الأساليب ما يأتي:

1- طريقة الجاذبية :

تختلف الصخور في قوة جاذبيتها من نوع لاخر حسب كثافتها وبدرجات واضحة يمكن للمتخصصين في هذا المجال تحديد نوع الصخور في أي منطقة.

2- الطريقة المغناطيسية:

تعتمد هذه الطريقة على الخواص المغناطيسية للصخور والتي تختلف من نوع لاخر حسب كثافتها.

3- الطريقة الزلزالية او السيزمية:

تعتمد على مرونة الصخور وكثافتها في الاستجابة للموجات الزلزالية التي تستخدم لهذا الغرض.

4- الطريقة الكهربائية:

تتباين الصخور في التوصيل الكهربائي من نوع لاخر حسب كثافتها ورطوبتها ونوع المعادن التي تتكون منها.

5- الطريقة الإشعاعية:

وتستخدم للبحث عن المواد المشعة في الصخور.[2]

ومن خلال تلك الدراسة الموقعية يتم التوصل الى عدة نتائج وحقائق مهمة في الجوانب التطبيقية منها ما يأتي:

أولا- انواع الصخور:

1- الصخور النارية Igneous Rocks

تعد الصخور النارية من اقدم انواع الصخور لذا تسمى بالصخور الأصلية , وتوجد في الطبيعة بوضعين , باطنية في داخل القشرة الارضية وتسمى بلوتونية plutonic او جوفية, والتي تصلبت في أعماق القشرة الارضية قبل ان تصل الى سطح الارض , وقد تبردت ببطء لذا تكون واضحة التبلور وتتخذ أشكال مختلفة في باطن الارض , كالباثوليث واللكوليث واللبوليث والسدود والأعناق وغيرها .

اما النوع الثاني فهي صخور سطحية وتسمى بركانية ناتجة عن الثورانات البركانية القوية التي دفعت بها الى سطح الارض, وتختلف عن الباطنية بدقة تبلورها غير الواضح لتبردها بسرعة.

وتتكون الصخور النارية من عدة انواع حسب تركيبها الكيميائي هي:

أ- الصخور الحامضية:

وهي الصخور التي تحتوي على نسبة عالية من السليكا تتراوح ما بين 65—80% ونسبة قليلة جدا من المعادن الفيرومغنيسية(الحاوية على الحديد والمغنيسيوم) وتحتوي على نسبة كبيرة من الكوارتز والفلسبار وهي معادن ذات ألوان فاتحة وكثافة قليلة, ومن أنواعها:

الجرانيت	Granite
الرايولايت	Rhyolite
صخر الخفاف	Pomice
بيجماتيت	Pegmatite
صخر القار	Pichstone
اوبسيدان	Obsidian
ليباريت	Liparite

ب- صخور متوسطة:

وهي صخور تحتوي على السليكا بنسبة تتراوح مابين 52---65% ونسبة متوسطة من المعادن الفيرومغنيسية وهي ذات لون فاتح , ومن أنواعها:

دايوريت	Diorite
اندايسيت	Andesite
سيانيت	Syenite
تراكيت	Trachyte

ج- صخور قاعد يه:

وهي الصخور التي تحتوي على نسبة تتراوح مابين 45---52% من السليكا ونسبة عالية من المعادن الفيرومغنيسية, وتحتوي معادن ذات ألوان داكنة وكثافة عالية ومن أنواعها:

الجابرو	Gabbro
بازلت	Basalt
دياباز	Diabase

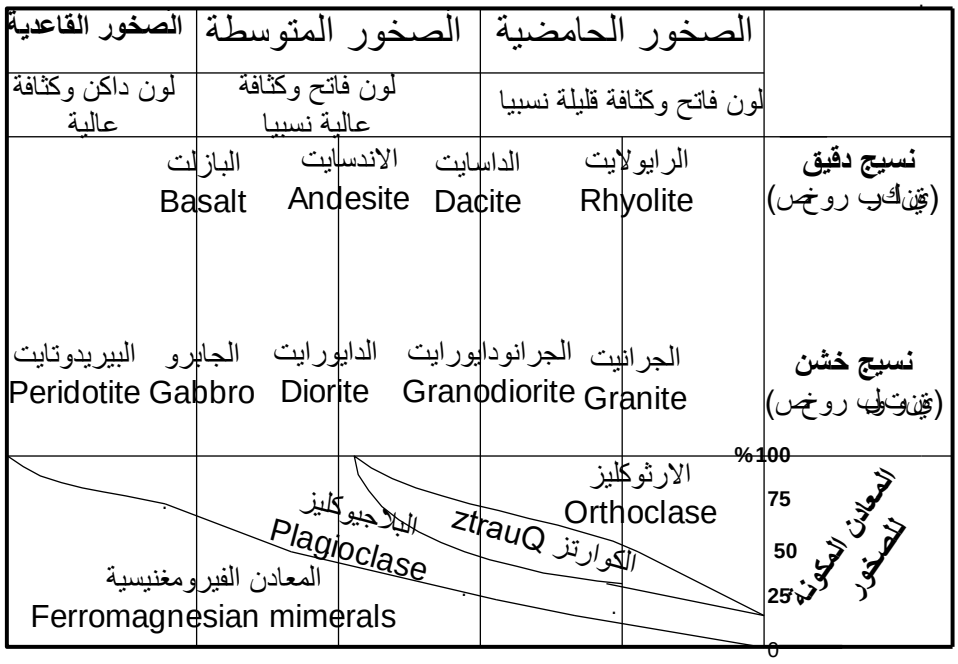
د- صخور فوق القاعدية:

يتميز هذا النوع من الصخور بقلة نسبة السليكا الى اقل من 45% وتحتوي على معادن تتضمن نسبة عالية من الحديد والمغنيسيوم , ومن أنواعها :

الديونيت	Dunite
البيريدوتيت	Peridotit
البيروكسينيت	Pyroxinite .[3]

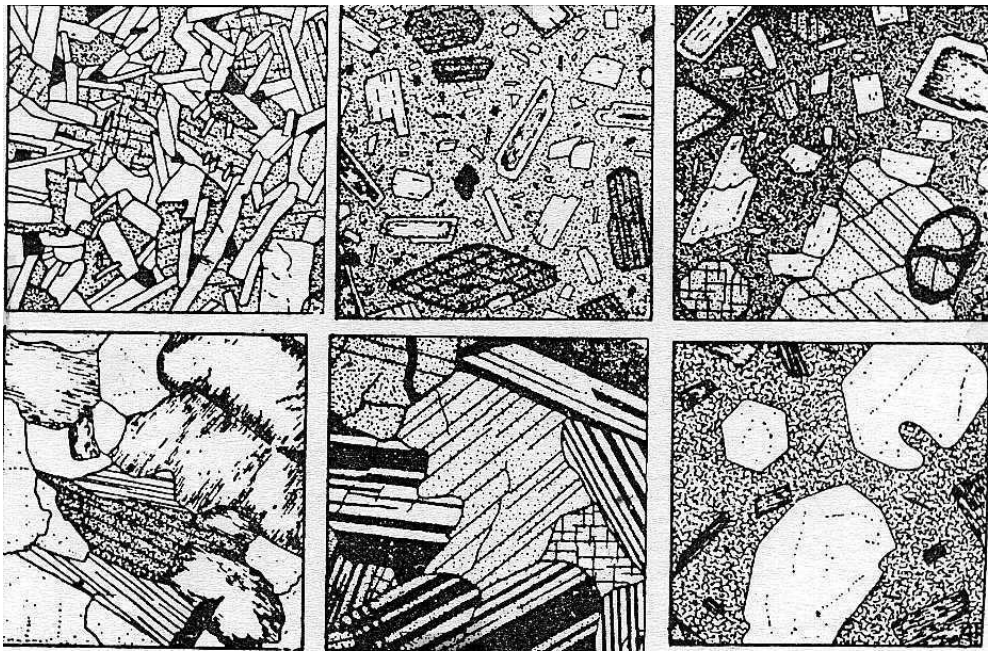
والشكل رقم(2-2) يمكن ملاحظة التصنيف البسيط للصخور النارية حسب النسيج والتركيب المعدني.

شكل رقم(2-2) تصنيف الصخور النارية حسب النسيج والتركيب المعدني



وتتخذ الصخور النارية أشكالا مختلفة النسجة حسب نوع وحجم وشكل المعادن المكونة لها و طبيعة التبلور الذي نتجت عنه تلك الصخور, شكل(3-2) .

شكل رقم(3-2) مقاطع متباينة لأنواع من الصخور النارية.



2- الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

تحتل المرتبة الثانية من حيث النشأة والمرتبة الأولى في الانتشار، اذ ان اكثر من 80% من صخور القشرة الارضية العليا هي رسوبية ، وتتضمن تلك الصخور بعض المعادن التي تعود الى الصخور النارية ، بعد ان تعرضت الى عمليات مختلفة غيرت من بعض خصائصها الطبيعية التي كانت عليها ، ومن أتهم معادن تلك الصخور هي:

أ- **معادن طينية** Argillaceous

تحتل المعادن الطينية المرتبة الأولى في مكونات الصخور الرسوبية حيث تشكل حوالي 80% من تلك المكونات، والمتمثلة بسليكات الألمنيوم المائية (Al_2Sio_2).

ب- الكوارتز:

يعد الكوارتز من المعادن الاساسية للرمال والصخور الرملية وتشكل حوالي 10% من مكونات الصخور الرسوبية .

ج- الكالسيت:

يوجد هذا المعدن على نطاق واسع في الصخور الجيرية والذي يعمل على تماسك حبيبات الصخور الخشنة.

د- اكاسيد الحديد:
يعد الهيماتيت والليمونيت من أهم تلك المعادن والتي توجد في الرمال السوداء ، كما تمثل أحد المواد اللاحمة في الصخور الرملية.
هـ - الجبس (Gypsum) (كبريتات الكالسيوم المائية):
و- ألها ليت (Halite) (كلوريد الصوديوم):
يوجد النوعان من المعادن في رواسب البحيرات المالحة بعد تبخر مياهها.[4]
والصخور الرسوبية على انواع مختلفة حسب طريقة تكوينها وتركيبها الكيميائي ومنها ما يأتي:

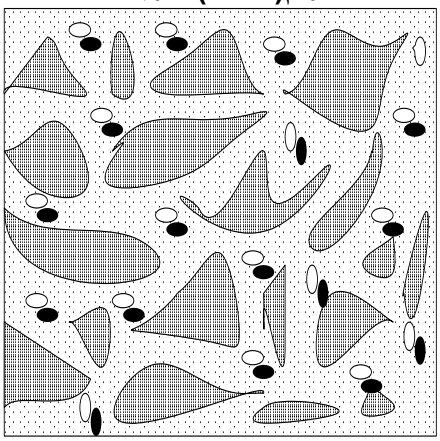
أ- الصخور الرسوبية الميكانيكية (الفتاتية) clastic sedimentary Rocks
يتكون هذا النوع من الصخور من مفتتات صخور مختلفة بعد ان تعرضت الى عمليات تجوية وتعرية واسعة ونقلتها الرياح والمياه ورسبتها في مناطق منخفضة دون ان يحدث أي تغيير في خصائصها الكيميائية ، وهي ذات مسامية عالية تسمح للمياه بالانتقال خلالها بسهولة من مكان لاخر، وقد أدى ذلك الى ترسيب ما تحمله تلك المياه من أملاح ومعادن في المسامات الواقعة بين المفتتات فعملت على التحامها وتماسكها وزيادة صلابتها، ومن أهم تلك المواد اللاحمة الكالسيت الدولومايت والكوارتز واكاسيد الحديد.
وقد تعمل المياه في بعض الأحيان على إذابة بعض مكونات الرواسب ونقلها وترسيبها في مكان أخر ، كما تؤدي عمليات الترسيب بكميات كبيرة الى زيادة الضغط المتولد عنها على الطبقات التي تحتها فتقل المسامات فيها ومن ثم طرد المياه التي كانت تحتل تلك الفراغان، ومن الأمثلة على ذلك الطفل(Shale) الذي يتضمن حوالي 45% مسامات تنخفض الى حوالي 5% بعد ان تعرضها الى الضغط.
والصخور الرسوبية الميكانيكية على انواع مختلفة منها ما يأتي:

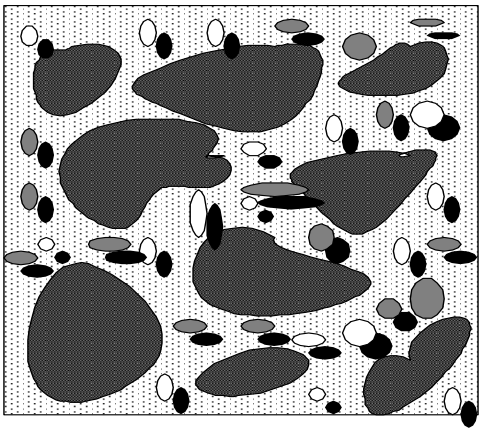
1- صخور المتكتلات Conglomerate
تتكون تلك الصخور من التحام الحصى والجلاميد والرمال وقطع من الصخور مع بعضها ، وتكون ذات صلابة عالية اذا تضمنت نسبة عالية من السليكات، وعلى العموم تميل الى الشكل الدائري وتكثر قرب الشواطئ البحرية. شكل رقم (2- 4أ)

2- الصخور الرملية Sand stone
وهي ناتجة عن تماسك ذرات الرمل بواسطة مواد مختلفة النوع واللون مثل اكاسيد الحديد وكاربونات الكالسيوم والسليكات ، وقد أسهمت تلك المواد في تغير لون تلك الصخور فأكاسيد الحديد تجعلها مائلة الى الاحمرار وكاربونات الكالسيوم تميل نحو البياض والسليكات نحو اللون الأزرق ، كما ان بعض تلك المواد ذات صلابة عالية مثل السليكات، في حين تكون كربونات الكالسيوم ضعيفة التماسك لانها تذوب في الماء فتسهل عمليات التجوية والتعرية ، ويوجد نوع أخر من الصخور الرملية مائلة الى السواد لاحتوائها على بعض المعادن المشعة مثل اليورانيوم والثر يوم وغيرها.[5]

3- صخور والبريشا Breccias
يشبه هذا النوع من الصخور المتكتلات في نوع المكونات الا ان الفرق بينهما في شكل تلك المكونات حيث تكون ذات حواف حادة وأطراف مدببة . شكل رقم(4-2ب).

شكل رقم (4-2)أ صخور المتكتلات **شكل رقم(4-2ب) البريشا**





4- الصخور الطينية clay stone

تتكون تلك الصخور من مواد طينية مختلطة بمواد أخرى كلسية او عضوية تعمل على تنوع لونها حسب نوع الاكاسيد التي تتضمنها مثل اكاسيد الحديد والمنغنيز تجعلها مائلة الى اللون الأحمر او الأصفر او الأخضر ، في حين تميل الى اللون الأسود اذا ارتفعت نسبة الجير(كربونات الكالسيوم) ، وتسمى طينية جيرية او المارل(Marl).

ويحتوي الطين على نسبة 15% من الماء وعندما يفقدها يتحول الى حجر طيني (Mudstone) وقد يكون الحجر الطيني على شكل طبقات رقيقة او صفائح نتيجة للضغط الذي تتعرض له قبل ان تجف وتتحول الى حجر يسمى بالحجر الطيني الصفائحي او الطفل(Shale).

ب- الصخور الرسوبية الكيميائية: Chemical Sedimentary Rocks

وهي صخور ناتجة عن حدوث تفاعلات كيميائية بين محاليل متنوعة ينتج عنها كربونات وبيكاربونات تتحد مع بعضها مكونة عدة انواع من الصخور الرسوبية الكيميائية المتباينة في تراكيبها المعدنية, ومنها ما يأتي:

1- صخور الكلس الكيميائي

تتكون تلك الصخور عندما تترسب كربونات الكالسيوم في المحاليل الجيرية الحاوية على كربونات الكالسيوم الهدروجينية ومنها الصخور الجيرية المتكونة من معدن الكالسايت ($Caco_3$) المترسب في مياه البحر ، الدولومايت (Dolomite) الذي يشبه حجر الكلس الا انه يتكون من معدن الدولومايت ($Camg_{(co3)2}$) الناتج عن إحلال أيون المغنيسيوم محل أيون الكالسيوم, ومن تلك الصخور الترافرتين الذي يتواجد قرب الينابيع والعيون وفي الكهوف التي تعرف بالستالكتايت وستالكمايت.

2- صخور تبخريه (ملحية)
وهي ناتجة عن ترسبات ملحية ومنها الجبس الذي يسمى كبريتات الكالسيوم المائية والانهيدرايت وتسمى كبريتات الكالسيوم اللامائية ، والملح الصخري كلوريد الصوديوم .

3- صخور سليكية :
يوجد هذا النوع من الصخور قرب الينابيع الحارة مثل الصوان(Cherty) الناتج عن ترسب السليكا المذابة في المياه الحارة.

ج- الصخور الرسوبية العضوية Organic Sedimentary Rocks

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

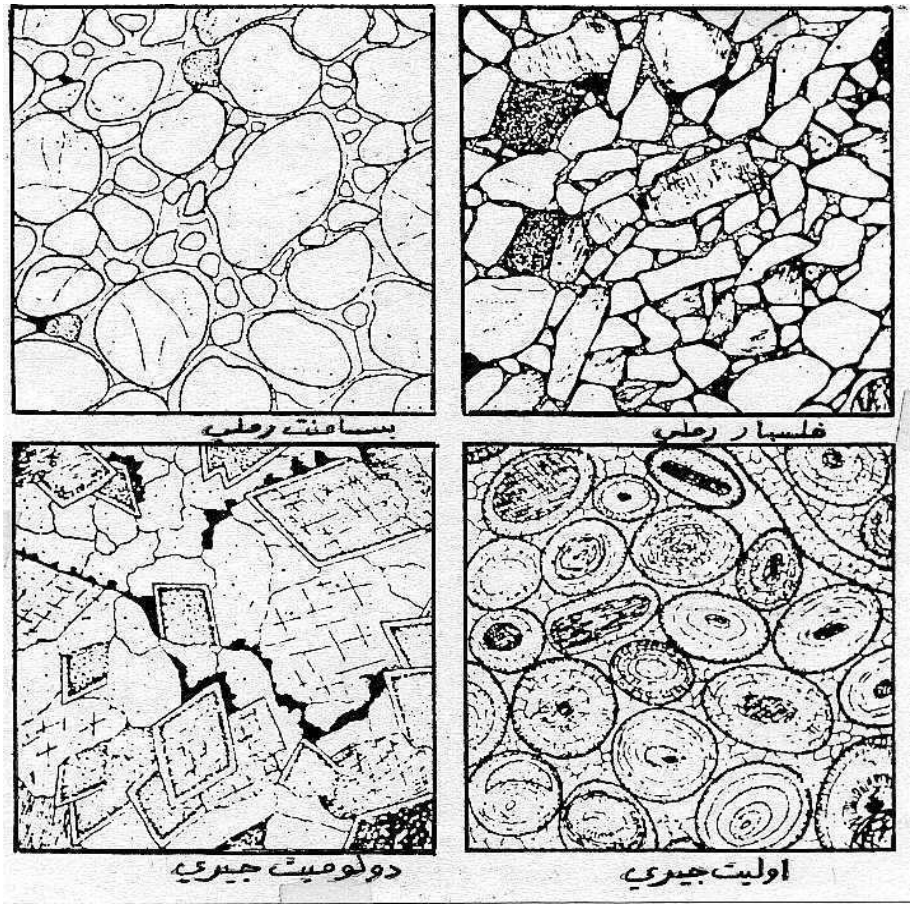
1- حجر الكلس العضوي
ويعد من اكثر انواع الصخور انتشارا وهو ناتج عن بقايا الحيوانات والنباتات المحتوية على كربونات الكالسيوم او الجير.

2- صخور طباشيرية
وهي ناتجة عن تحلل نوع من الحيوانات التي تحتوي 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.[6]

4- الفحم الحجري:
وهو من اصل نباتي ينتشر في مناطق الغابات التي غمرتها المياه وطمرتها الرواسب بطبقات سميكة ادت الى توليد ضغط وحرارة شديدين اسهما في تغيير خصائص تلك النباتات المطمورة وعلى مراحل أخرها الانثراسايت الذي يمثل الفحم الحجري.
يظهر من العرض السابق للصخور الرسوبية أنها توجد في الطبيعة على انواع مختلفة في تركيبها ونسيجها ولونها لذا تظهر بقطاعات متباينة، كما في الشكل رقم(5-2).

شكل رقم(5-2) مقاطع من الصخور الرسوبية



3- الصخور المتحولة Metamorphic Rocks

وهي صخور نارية ورسوبية قديمة تعرضت الى عمليات ضغط شديد او حرارة عالية او كليهما فأدت الى تغير خصائصهما الكيميائية عما كانت عليه لذا تسمى المتحولة، وقد تحتفظ تلك الصخور ببعض خصائص الصخور الأصلية التي تحولت منها، ومن مميزات تلك الصخور أنها تتعرض الى التقشر بسهولة عند تعرضها الى عمليات التجوية والتعرية ، ومن أنواعها ما يأتي:

أ- صخور متورقة Foliated Rocks

يتميز بعض انواع الصخور المتحولة بالتورق لتعرضها الى ضغط كبير وحرارة منخفضة ، وتعد تلك الصخور سهلة التكسر باتجاه التورق ومن أنواعها الإردواز(Slate) والفيلات(Phyllite) الشست والنابس والامفيولايت.

ب- صخور غير متورقة Non-foliated Rocks

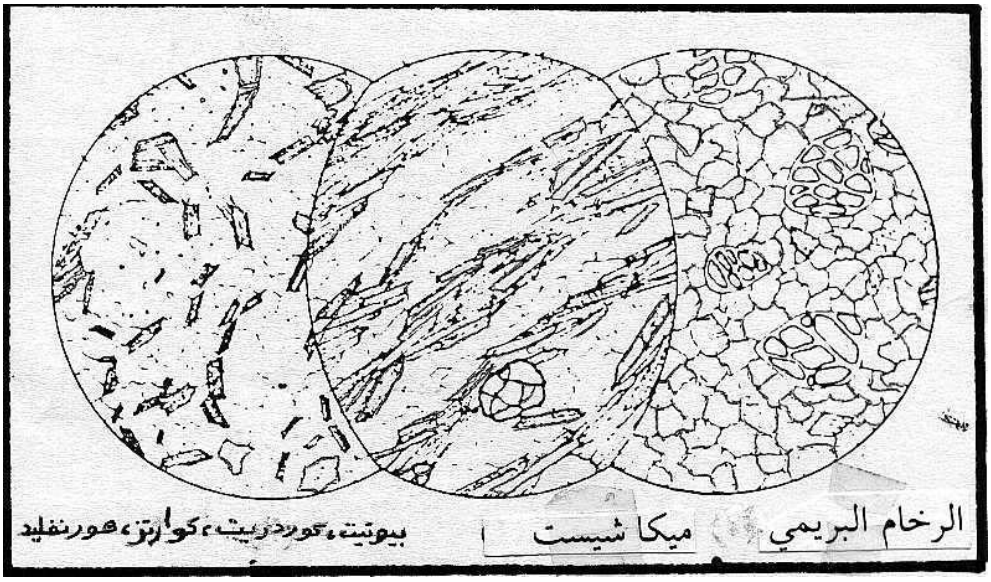
يعد هذا النوع من الصخور المتحولة الصلبة لانها غير متورقة وتكونت بفعل الحرارة الشديدة ومن أنواعها الهورنفلس(Hornfles) والرخام(Marble) والكوارتزيت(Quartzite) والسر بتينات.

ج- صخور كاتاكلاستيكية Cataclastic Rocks

يتكون هذا النوع من الصخور نتيجة للتحول الديناميكي الناتج عن الضغط دون التأثير الحراري ، ويكون بعضها متورق والبعض الأخر غير متورق ومن أنواعها المايلونيت (Mylonite) .[7]

توجد الصخور المتحولة في الطبيعة بأنواعها المختلفة وتظهر بقطاعات متباينة كما في الشكل رقم(6-2).

شكل رقم (2- 6) قطاعات متباينة من الصخور المتحولة



ثانيا- الخصائص الكيميائية والفيزيائية للصخور

1- التركيب المعد ني :

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

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

ب- التبلور في محاليل مائية مثل الصخور الرسوبية الكيميائية.

ج- إعادة ترتيب عناصر او ذرات معادن سابقة التكوين اذ يترتب على ذلك إزالة او إضافة بعض العناصر أو الذرات، كما هو الحال في الصخور الرسوبية الميكانيكية او الفيزيائية.
د- تحلل بعض المركبات العضوية فتتحرر بعض العناصر والمعادن منها والتي تتحد مع بعضها مكونة بعض الصخور مثل الصخور الرسوبية العضوية.
هـ - تغير خصائص بعض المعادن نتيجة للضغط والحرارة الشديدين مثل معادن الصخور المتحولة.
وقد تحدث تفاعلات بين اكاسيد بعض المعادن الفلزية والماء فينتج عنها مواد قاعدية مثل تفاعل أو كسيد الكالسيوم مع الماء فينتج هيدروكسيد الكالسيوم. $Cao + H_2o =$ $Ca(OH)_2$ يحدث تفاعل بين ثاني أو كسيد الكربون والماء فينتج حامض الكاربونيك المخفف الذي له القابلية على التفاعل مع العديد من المعادن فيعمل على أضعاف تماسكها.
$Co_2 + H_2o = H_2co_3$
كما يتفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع حامض الكاربونيك فينتج ملح الطعام.
ومن خصائص المعادن التباين في صلابتها وقد تم تقسيمها الى عشرة مستويات تبدأ من معادن هشة درجة واحده مثل التلك الى صلبة جدا عشرة درجة مثل الماس، كما تتباين تلك الصخور في نشأة المعادن التي تتضمنها فبعضها قديمة مثل الاولفين والبعض الأخر حديثة مثل الكوارتز.[8]
وبما ان الصخور تنتشر في الطبيعة بأنواع مختلفة وفي بيئات متباينة لذا تباينت قوة التأثر اعتمادا على نوع المعادن التي تتضمنها تلك الصخور وطبيعة البيئة، وعلى العموم تكون الصخور النارية اقل تأثرا من الصخور الرسوبية بعمليات التجوية والتعرية، اذ تتكون الأولى من الكوا رتز الذي يعد من المعادن الصلبة في حين يسود الصخور الرسوبية الكربونات التي تعد من المعادن الضعيفة المقاومة، وحتى في النوع الواحد من الصخور يتباين التأثير مثل الصخور النارية الجرانيتية اكثر صلابة من البازلتية لاحتوائها على نسبة عالية من الكوارتز, وكذلك الحال الصخور الرسوبية تعد العضوية والفيزيائية اقل مقاومة من الكيميائية، اما المتحولة فحسب مصدر تحولها فالمتحولة من النارية اكثر صلابة من الرسوبية المتحولة.
كما ان الصخور في المناطق الرطبة اكثر تأثرا من الصخور في المناطق الجافة, والتي في المناطق الحارة اكثر تأثرا من المناطق الباردة، فبعض المعادن لها القابلية على الذوبان بالماء واخرى لها القابلية على امتصاص الماء فيكبر حجمها، ومعادن ذات معامل تمدد حراري عال واخرى ذات تمدد حراري واطئ، ففي المناطق الحرة تعمل تلك المعادن على تفكك الصخور التي تحتويها فتقلل من صلابتها.
يتضح مما تقدم ان التعرف على نوعية الصخور ونوع المعادن المكونة لها ذا أهمية كبيرة في اقامة المشاريع المختلفة التي تستخدم تلك الصخور او تقام فوقه، ويجب اختيار النوع المناسب للبيئة لتجنب المشاكل التي يتوقع حدوثها في حالة استخدام نوع غير ملائم للبيئة.
ويحتاج ذلك الى الاستعانة بالمختبرات الخاصة بتحليل الصخور لمعرفة نوعها وطبيعة تركيبها الكيميائي، رغم قدرة بعض المختصين على تمييز بعض انواع الصخور ذات الخصائص الواضحة ألا انه من الصعب تمييز الصخور المتشابهة في المظهر ومتباينة في التركيب.

2- المسامية Porosity

وتعني الفجوات والفراغان التي تتضمنها الصخور والتي تختلف من نوع لاخر، فالصخور الرسوبية اكثر مسامية من النارية والمتحولة لان النارية متكتلة ناتجة عن صهير ذات كثافة عالية لاتسمح بوجود المسامات الا على نطاق محدود جدا ، في حين تكون الرسوبية طبقية بشكل عام ونكونت بطرق مختلفة ساعدت على وجود المسامات فيها وبشكل متباين من نوع لاخر، وتتأثر المسامية بعدة عناصر كحجم الحبيبات وشكلها وترتيبها والمادة اللاصقة، فضلا عن الشقوق والكسور التي تتخلل تلك الطبقات، وتزداد المسامية في الصخور ذات الحبيبات المتجانسة وتقل في الصخور ذات الحبيبات المختلفة الحجم، وتتضمن الصخور نوعين من المسامات بشكل عام هي:

أ- مسامات بين حبيبات الصخور وتختلف أحجامها حسب نوع الصخور اذ تكون صغيرة جدا في الصخور الطينية وتقل في الطفل والإردواز، في حين تكون كبيرة في الحصى والرمل.

ب- مسامات كتلية مثل الشقوق والمفاصل والفراغان التي توجد بين الطبقات والتي تزداد سعة بواسطة عمليات التعرية والتجوية، وتصنف المسامية في بعض الأحيان الى اصليه وهي التي وجدت مع تكون الصخور, وثانوية ناتجة عن ما تعرضت له الصخور من عمليات ادت الى تشققها وتصدعها.[9]

وتقاس المسامية بالنسبة المئوية، أي نسبة حجم المسامات الى الحجم الكلي للصخرة، وحسب القانون الأتي:

$$P = \frac{w}{v}$$

W حجم الماء اللازم لمليء الفراغان

V حجم الصخرة

ويمكن الحصول على قيمة (W) من خلال وزن الصخرة وهي جافة ومشبعة بالماء والفرق في الوزن يمثل حجم الفراغان .

3- النفاذية Permeability

تعني النفاذية حركة المياه ضمن التكوينات الصخرية، وهذه الخاصية تختلف من نوع لاخر ولاتعني ان الصخور المسامية جميعها نفاذية حيث توجد بعض الصخور مسامية ولكن غير نفاذية لعدم اتصال المسامات ببعضها أفقيا ورأسيا، وفي اغلب الأحيان تكون المسامات رأسية لذا عندما تقاس مسامية مثل تلك الصخور تكون عالية الاانها لا تتصل ببعضها بما يسمح للمياه بانتقال عبرها من مكان لاخر لذا تعد قليلة النفاذية، وتعد الصخور الرسوبية الجيرية عالية المسامية النفاذية، ويتم قياس النفاذية بواسطة تمرير سائل عبر الطبقات الصخرية التي يراد قياس نفاذيتها فكلما كان السائل سريع المرور عبر تلك الطبقات يعني النفاذية جيدة ، ويستخدم قانون دارسي لبيان مقدار النفاذية :

$$K = \frac{Q \times h}{A \times L}$$

K : معامل النفاذية (سم/ ثانية)
Q: حجم السائل المار في الصخور خلال فترة زمنية معينة(سم^3 / ثانية).
h الفرق الرأسي في عمود السائل او الماء.
A : مساحة النموذج (سم^2).
L : طول النموذج (سم).
وقد أثبتت التجارب والقياسات الحقلية ان نفاذية الصخور تقل بزيادة عمق الطبقات لقلة المسامات وزيادة التماسك ولتأثير ضغط الطبقات العليا على السفلى.[10]

ثالثا- التراكيب الصخرية

تحتوي الصخور بأنواعها تراكيب متنوعة وتعد مؤشرا على مدى قوة وضعف تلك الصخور، ومن أنواعها ما يأتي:

1- التراكيب الاولية:

تتضمن جميع انواع الصخور تراكيب اولية تعود إلى طبيعة تكون تلك الصخور وكيفية وجودها في الطبيعة ، وتختلف تلك التراكيب حسب نوع الصخور وكما يأتي:

أ - التراكيب الاولية في الصخور النارية:

تغطي الحمم البركانية المتدفقة من باطن الارض مساحات شاسعة من المناطق التي تنساب نحوها وتتخذ أشكالا متنوعة حسب درجة لزوجة الصهير وتركيبه الكيميائي وحرارته، فالحمم القاعدية كالبازلت ذات لزوجة منخفضة لذا ينساب هذا النوع من الصهير لمسافات بعيدة،اما الحمم الحامضية الجرانيتية عالية اللزوجة لذا تتراكم حول فوهات البراكين التي تندفع منها مكونة كتلاً صلبة ذات جوانب شديدة الانحدار، وعليه تتضمن الصخور النارية تراكيب اولية متنوعة منها ما يأتي:

1- التركيب الفجوي واللوزي:

تحتوي معظم الحمم البركانية على نسبة كبيرة من الغازات التي تتحرر لانخفاض الضغط المسلط عليها عند خروج الصهير من باطن الارض، وينتج عن ذلك تمدد الصهير في مواقع وجود الغازات فتتكون فجوات كروية اوبيضوية او أسطوانية او غير منتظمة، وقد يؤدي خروج تلك الغازات بكمية كبيرة وخاصة من الصهير المنخفض الزوجة الى تكون كتل رغوية قليلة الكثافة وخفيفة الوزن تسمى صخور الخفاف، وعلى العموم توجد الفجوات في أماكن مختلفة ضمن كتل الصخور النارية، وفي البعض منها تتركز في المناطق الملامسة لسطح الا رض بسبب خروج غازات من باطن الارض عن طريق الشقوق والثقوب التي توجد في الطبقات التي تحتها ، ومعظم تلك الفجوات أسطوانية الشكل لانها تمتد مع الشقوق او الفواصل التي تخرج منها الغازات، وقد تتجمع في تلك الفجوات المياه التي يحتويها الصهير الشديدة الحرارة والمحتوية على مواد ذائبة وعالقة تتركها في تلك الفجوات بعد جفافها، كما يؤدي مرور المياه عبر تلك الفجوات بمرور الزمن الى ملئها بالرواسب التي تكون متميزة في اللون والتركيب الكيميائي والفيزيائي عن الصخور التي

توجد فيها، لذا تعرف بالتركيب اللوزي لانها تشبه اللوز في المعجنات، وتعد تلك الفجوات مواضع ضعف في تلك الصخور لانها غير متجانسة مع تكوينها فتتركز عمليات التعرية والتجوية فيها فتقلل من قوة تلك الصخور.[11]

2- تراكيب الحمم الكتلية والحبلية:
يتخذ الصهير البركاني أشكالا مختلفة فوق سطح الارض حسب كثافته، فالصهير العالي اللزوجة يتراكم فوق بعضه وتند فع الكتل العليا نحو الجوانب مكونة كتل خشنة غير منتظمة وذات أبعاد متباينة،اما الصهير المنخفض اللزوجة فينساب نحو المناطق المجاورة لفوهة البركان مغطيا مساحات واسعة وعلى مستويات متباينة في ارتفاعها وتميل الى الانتظام والنعومة اكثرمن النوع السابق, وتشبه في امتدادها الحبال الغليظة ولهذا تسمى بالحبلية، ويسود هذا النوع في الصخور البازلتية.

3- تراكيب الحمم الوسادية:
ينتشر هذا النوع من التراكيب في الحمم البازلتية التي تنساب بسهولة وتبرد ببطيء فتزداد لزوجتها حتى تقترب من التصلب فتتحول الى كتل طولية متوازية وقصيرة تشبه الو سادات الطويلة ، ويكون جزئها العلوي قشري او ذات غطاء زجاجي رقيق.

4- تراكيب انسيابية:

يختلف الصهير البركاني المندفع من باطن الارض في تركيبه الكيميائي والكثافة وما يحتويه من غازات ودرجة حرارة تبلوره، وتظهر اثار ذلك على طبيعة التراكيب التي تتضمنها الصخور المتكونة من الصهير، اذ يكون بعضها على شكل طبقات متبادلة أو متداخلة متميزة في تركيبها الكيميائي أو النسيج او كليهما ، وعلى العموم يسود نوعان من التراكيب الانسيابية هما:
أ- تركيب انسيابي مسطح:
يظهر هذا النوع في الصخور التي تحتوي معادن مسطحة او قرصية ومرتبة بشكل متوازي او شبه متوازي مثل رقائق المايكا أو مغزلية الشكل، وينشأ نتيجة لاختلاف طفيف في درجة لزوجة الصهير وتركيبه المعدني.
ب- تركيب انسيابي خطي:
يسود هذا النوع في الصخور التي تحتوي معادن ابرية او منشوريه او مغزلية مرتبة بشكل متوازي او شبه متوازي وممتدة بشكل طولي اوافقي خطي، وقد تتضمن بعض الصخور هذين التركيبين.[12]

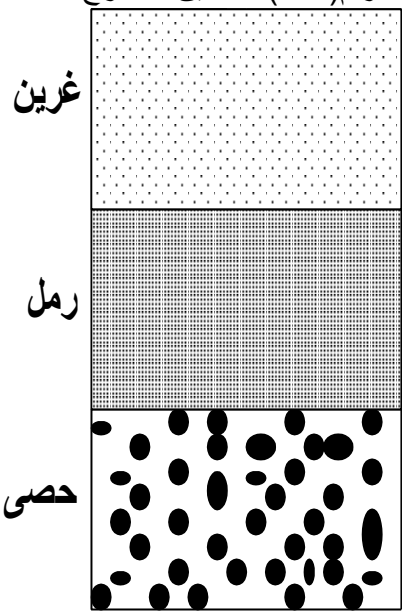
ب- التراكيب الاولية في الصخور الرسوبية:
تتضمن الصخور الرسوبية تراكيب اولية اكثر من بقية انواع الصخور والمتمثلة بما يأتي:
1- التطبيق والترقق:
تعد الصخور الرسوبية من اكثر انواع الصخور تغيرا في مظهرها الرأسي لانها تتكون من طبقات متميزة ترى بالعين المجردة، وكل طبقة ذات مستويين متميزين علوي وسفلي وسمك متباين يتراوح مابين 1سم وعدة أمتار، آي تظهر الصخور الرسوبية على شكل طبقات تختلف عن بعضها في اللون والنسيج وحجم الحبيبات والتركيب المعدني، فكل طبقة تكونت في ظروف معينة جعلتها

متميزة عن ما فوقها وتحتها من الطبقات، وعلى العموم يوجد نوعان من التطبيق في الصخور الرسوبية هما:

أ- تطبيق مباشر او أساسي:
يتكون هذا التطبيق منذ ترسيب الطبقات واتخاذها الشكل النهائي وقبل ان تتعرض لآي تغيير.
ب- تطبيق غير مباشر او ثانوي:
يتكون هذا النوع عندما تتعرض الرواسب الى عمليات تعرية وتجوية وتحت ظروف معينة وتنقل المواد الى أماكن أخرى فتكون طبقات جديدة تختلف في وضعها عما كانت عليه في السابق.
اما الترقق فالمقصود به احتواء بعض الطبقات الصخرية على معادن قرصية وصفيحية رقيقة جدا بحيث يصعب تمييز حجم الحبيبات المكونة لها بالعين المجردة.[13]

2- التطبيق المتدرج:
يظهر هذا النوع من التطبيق في الصخور التي تتكون من حبيبات مختلفة الحجم مثل الحصى والرمل والطين ، حيث تتكون طبقات متدرجة في حجم الحبيبات فتكون الخشنة في الاسفل ثم تعلوها المتوسطة الخشونة وفي الأعلى الناعمة، بحيث تظهر طبقات متميزة في النسيج وبشكل متدرج شكل رقم(2- 7)، وربما تتكرر الحالة وبنفس الانتظام في فترات لاحقة، وبصورة عامة تكون الطبقات غير سميكة وتتراوح ما بين 1سم وبضع أمتار.[14]

شكل رقم(7-2) التطبيق المتدرج



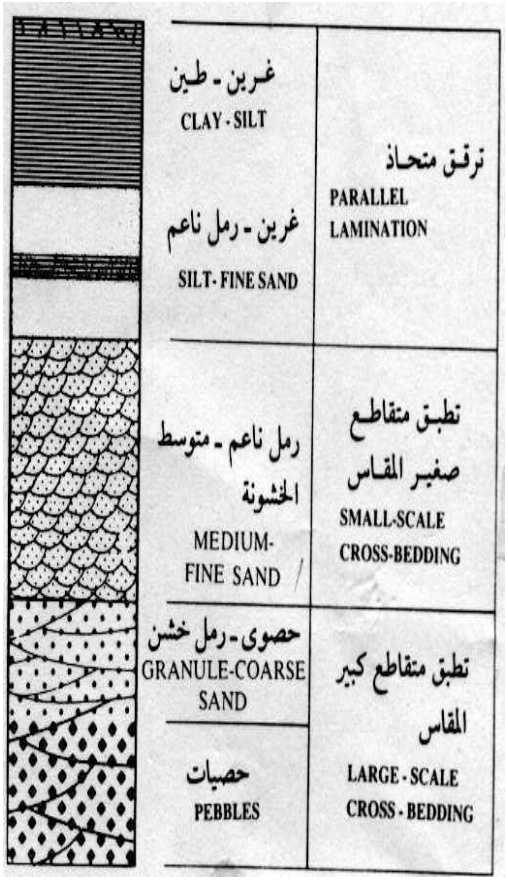
3- التطبيق المتقطع:
يحدث في بعض التراكيب الصخرية تطبيق غير موازي لمستوى الترسيب ويكون بشكل مائل ويعود ذلك الى طبيعة نشأتها حيث لا يكون الترسيب بشكل مستمر بل متقطع وفي الغالب فترة الانقطاع طويلة، وعند تكرار عملية الترسيب فالطبقة الجديدة لا تندمج

وتتجانس مع القديمة وتظهر أسطح انفصال بينهما رغم امتدادها بشكل افقي وبمستوى الطبقة السابقة، وهذا يعني ان الشكل الخارجي لا يعبر عن طبيعة امتدادها ولذلك يسمى هذا النوع من التطبيق في بعض الأحيان بالتطبيق الكاذب، ويعود التطبيق في تكوينه الى التيارات المائية المختلفة السرعة والاتجاه شكل رقم(2- 8أ) .[15]

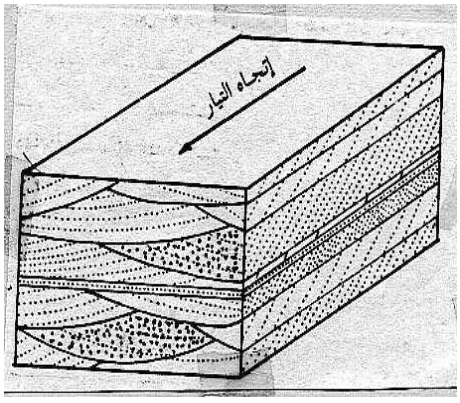
وقد لا تتشابه الطبقات في نوع الترسبات وحجمها, ويعود ذلك الى سرعة التيار كلما كان سريعا ازدادت قدرته على حمل الرواسب ومنها الخشنة وبالعكس تقل قدرته مع قلة سرعته فيحمل الرواسب الناعمة فقط، ونتيجة لذلك تظهر بعض الطبقات خشنة الرواسب واخرى مجاورة لها من الجوانب او من الأعلى والأسفل ناعمة الرواسب، شكل رقم (8-2ب)وهذا يقلل من تماسك تلك الطبقات ويضعف قوتها فتؤثر فيها عمليات التعرية والتجوية بسرعة.

شكل رقم(2- 8) التطبيق المتقطع

ب



أ



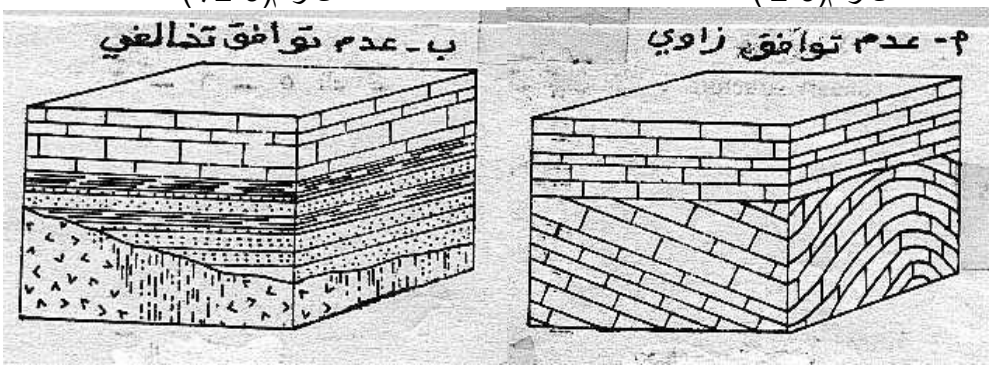
4- التوافق وعدم التوافق:

توجد الصخور الرسوبية في الطبيعة على شكل طبقات متباينة في السمك والتكوين وتمتد بشكل افقي وموازية لبعضها البعض ويسودها نوع من الانتظام ، أي يسود التوافق في امتداد الطبقات الصخرية .
الان تعرض بعض المناطق الى حركات التوائية وتكتونية آثرت على طبيعة امتداد تلك الصخور فادت الى التواء الطبقات الحديثة التكوين وانكسار الطبقات القديمة ، وتتوقف شدة التأثير على قوة الحركة كلما كانت قوية ازداد تأثيرها وتعمل على انكسار طبقات الصخور القديمة والحديثة، وتظهر اثار التشويه واضحة في الامتداد الأفقي لتلك الطبقات الصخرية التي تتعرض للانكسار او الالتواء، وقد يرافق هذا التغير عمليات تعرية وتجوية اكثر من السابق، وحدوث ترسيب لاحق على نطاق واسع فينتج عن ذلك حالات عدم توافق وباشكال مختلفة منها ما يأتي:

أ- عدم توافق زاوي:
يتكون هذا النوع من التراكيب في الصخور الرسوبية التي تتعرض طبقاتها القديمة السفلى الى نشاط تكتوني قبل ترسيب الطبقات الحديثة العليا فيؤدي الى ميل الطبقات القديمة عن وضعها الأفقي في حين تمتد الطبقات الحديثة بشكل افقي فينتج عدم توافق بين الطبقتين وعلى شكل زاوية لذا يسمى الزاوي او الزاو. شكل رقم(2- 9أ).

ب- عدم توافق تخالفي:
يظهر هذا النوع من التراكيب في المناطق التي ترسبت فيها الصخور الرسوبية فوق النارية او المتحولة فتكونت أسطح عدم توافق بين نوعي الصخور المختلفة في خصائصها الطبيعية لذلك يسمى عدم توافق تخالفي. شكل رقم(9-2ب).

شكل رقم(9-2أ) شكل رقم(9-2ب)

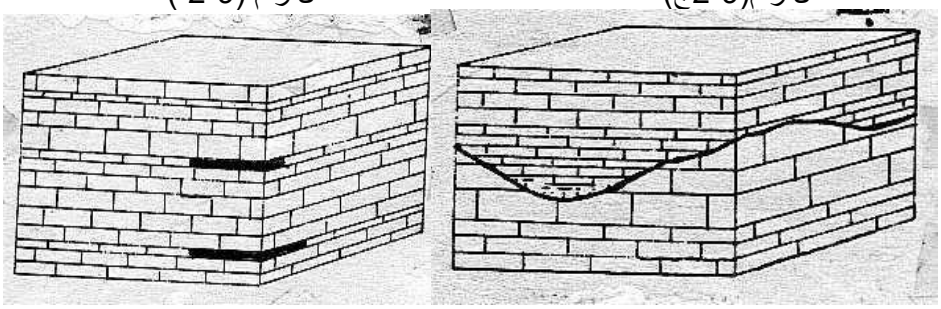


ج- عدم توافق انقطاعي:
يوجد في الطبقات الصخرية المتشابهة في تركيبها الكيميائي والفيزيائي الا أنها غير متوافقة في الامتداد لانها تكونت في فترات مختلفة ، أي تكونت الطبقة القديمة وتعرضت الى عمليات التعرية والتجوية التي ادت الى تأكل أجزاء مختلفة من تلك الطبقة بحيث تنخفض الأجزاء الضعيفة وتبقى الأجزاء القوية مرتفعة ، وبعد ذلك تحدث عمليات ارساب لاحقة تؤدي الى تكون طبقات حديثة فوق القديمة والتي لا تتوافق معها في الامتداد رغم التشابه في التكوين، شكل رقم(9-2ج).

د- عدم توافق غير واضح:

يظهر هذا التركيب في الطبقات التي تتكون من عدة طبقات وتتضمن بينها طبقات محدودة السمك والمساحة ومختلفة النوع او التركيب فتتكون أسطح عدم توافق موازية للامتداد الأفقي، مثل وجود طبقة من الصخور المتحولة وسط طبقات صخرية رسوبية، والتي لاتكن واضحة ولا يسهل تمييزها لذلك يسمى عدم توافق غير واضح.[16] شكل رقم(9-2د).

شكل رقم(9-2ج) شكل رقم (9-2د)



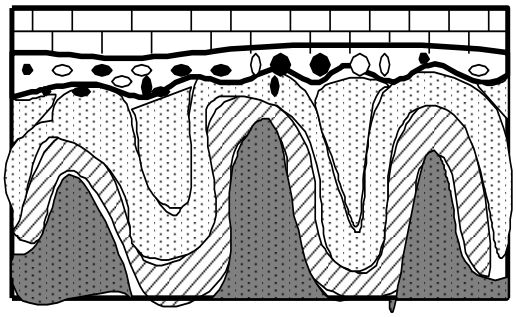
هـ - عدم توافق متموج :

يوجد هذا النوع من التراكيب في الصخور الرسوبية الحديثة التكوين التي تعرضت الى حركات التوائية وتكتونية عملت على التوائها ثم تعرضت الى عمليات التعرية والتجوية لفترة طويلة من الزمن فأدت الى تأكل الأجزاء العليا وخاصة الضعيفة وبقيت الأجزاء الصلبة تعلو ما حولها، حيث تركزت التعرية في الأجزاء المحدبة في حين تعرضت الأجزاء المقعرة لعمليات ترسيب ادت الى رفع مستواها ولكن اقل من المحدبة فيظهر سطحها متموج، وبعد فترة زمنية طويلة تتعرض تلك المنطقة الى عملية ترسيب لاحقة ينتج عنها تكون طبقات حديثة تختلف في التركيب المعدني والامتداد عن القديمة، فتظهر حالة عدم توافق واضحة ومتميزة اكثر من غيرها، شكل رقم(2-9هـ).

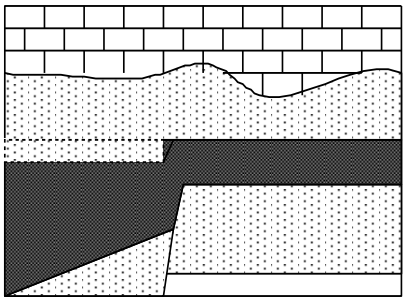
و- عدم توافق انكساري:

يظهر هذا التركيب في الصخور الرسوبية القديمة التكوين التي تعرضت الى حركات مختلفة ادت الى انكسار الطبقات فاتخذت أشكالا مختلفة عن الوضع الذي كانت علية، اذ ارتفعت أجزاء وانخفضت أخرى بحيث اتخذت وضعا مائلا عن الوضع الأفقي، او قد ينتج عن الانكسار زحف أحد الاطراف المكسورة جانبيا، المهم يتغير الوضع الطبيعي للطبقات الصخرية فتتعرض لعمليات التعرية والتجوية ومن ثم عملية ترسيب لاحقة ينتج عنها طبقات جديدة تختلف في امتدادها وتركيبها عن الطبقات القديمة . ويظهر في هذا النوع حالة عدم التوافق اكثر وضوحا من الأنواع الأخرى. ولهذه التراكيب أهمية كبيرة لانها تمثل مكامن لتجمع المعادن والمياه والنفط ، الاانها ذات مخاطر على المشاريع الهندسية التي تنفذ فوق تلك المناطق، شكل رقم (2- 9و).

شكل رقم(9-2هـ)



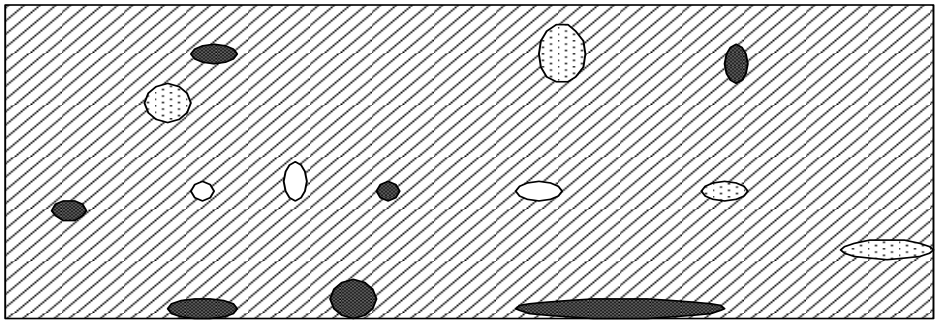
شكل رقم(9-2و)



5- العقد والفجوات الصخرية:

تتضمن بعض الطبقات الصخرية في الصخور الرسوبية عقد وفجوات مختلفة الاشكال وتنتشر بشكل مبعثر ضمن تكوينات الطبقة الصخرية الواحدة، كما أنها ذات تراكيب كيميائية مختلفة عن الصخور التي تحتويها، ويتخذ بعضها شكلا خطيا متصل اومتقطع و موازي لامتداد الطبقات الصخرية ، ويحتل بعض العقد أجزاء من الفواصل بين الطبقات، وقد يمر عبر تلك الفجوات مياه ساخنة تحمل معها معادن ومواد عضوية متنوعة يترسب بعضها في تلك الفجوات فتتصلب بمرور الزمن مكونة عقد تختلف في تركيبها عن الصخور التي تضمها ومتخذة أشكال متنوعة مستطيلة او كروية او بيضوية أو غير منتظمة، وتعد تلك الفجوات مراكز ضعف تنشط فيها عمليات التعرية والتجوية فتقلل من قوة تماسك تلك الصخور.[17] شكل رقم(2- 10)

شكل رقم (10-2) العقد والفجوات

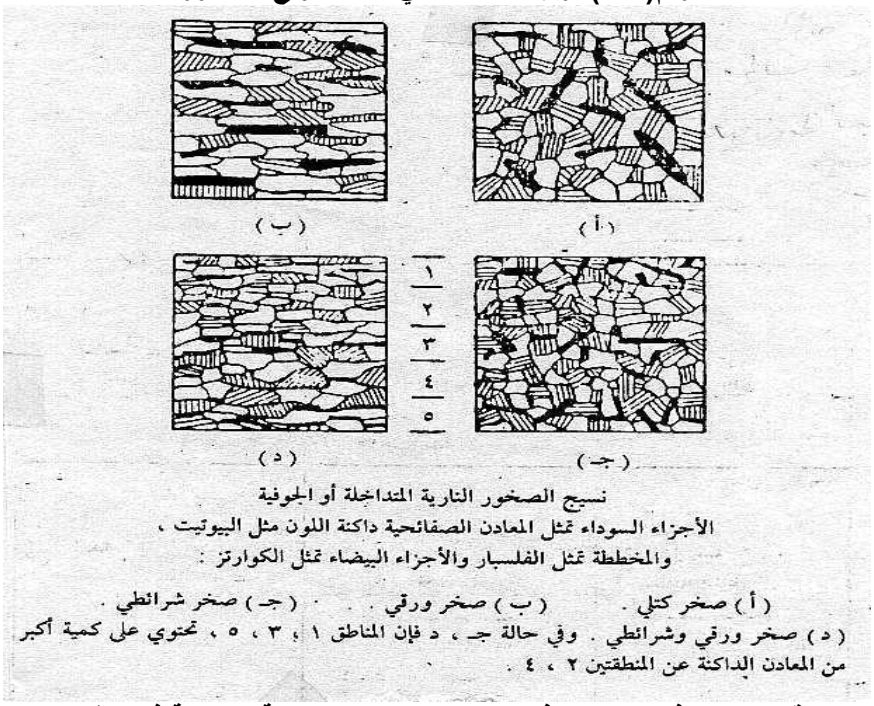


ج- التراكيب الاولية في الصخور المتداخلة:

تتداخل الصخور في باطن الارض مع بعضها ويظهر ذلك واضحا بين النارية والرسوبية عندما يندفع الصهير البركاني عبر صخور القشرة الارضية فتعمل على تغيير خصائص بعض المعادن

الفيزيائية والكيميائية بواسطة عملية الإحلال المتبادل بين التكوينات الجديدة والقديمة، فتتحول بعض الصخور القديمة الى نوع آخر نتيجة للحرارة العالية.
وقد يترتب على تلك العملية تباين حجم الحبيبات التي تتكون منها الصخور, بعضها ذات حبيبات خشنة والبعض الأخر ناعمة ، ويعتمد ذلك على حجم كتلة الصهير المتداخلة ففي الكتل الكبيرة يسود النوع الخشن وفي الكتل الصغيرة يسود الناعم بسبب تبرد النوع الأخير بسرعة فتتبلور الحبيبات أيضا بسرعة وبحجم صغير.
كما يؤثر الوضع العام الذي تتخذه الصخور في ترتيب المعادن, فالصخور النارية على شكل كتلة لذا لا يظهر فيها ترتيب المعادن في اتجاه معين، وقد يظهر ترتيبها في بعض الصخور بشكل متورق نتيجة للترتيب المتوازي للمعادن المفلطحة ، والتورق على انواع بعضه يتكون أثناء التبلور والبعض ناتج عن الحرارة والضغط الشديدين, ونوع موروث من الصخور التي تعرضت الى التحول مثل الشست، شكل رقم(11-2) يوضح طبيعة ترتيب المعادن .
ومن الجدير بالذكر ان الصخور المتداخلة قد تكون متطابقة او متوافقة في امتدادها فتظهر الحدود الفاصلة بينهما موازية لمستويات التطابق في الصخور القديمة ، شكل رقم(2- 12أ) . او قد تكون غير متوافقة حيث تتقاطع الصخور النارية الجديدة في امتدادها مع مستويات التطبيق في الصخور الرسوبية القديمة، شكل رقم (2- 12ب).

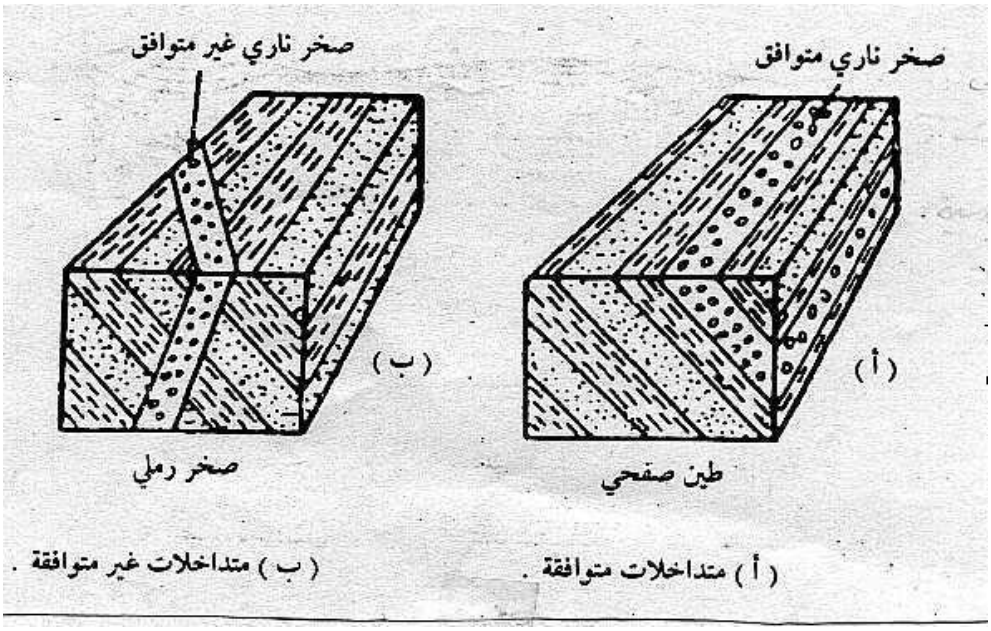
شكل رقم(11) ترتيب المعادن في بعض انواع الصخور



نسيج الصخور النارية المتداخلة أو الجوفية
الأجزاء السوداء تمثل المعادن الصفائحية داكنة اللون مثل البيوتيت ،
والمخططة تمثل الفلسبار والأجزاء البيضاء تمثل الكوارتز :

(أ) صخر كتلي . (ب) صخر ورقي . (جـ) صخر شرائطي .
(د) صخر ورقي وشرائطي . وفي حالة جـ ، د فإن المناطق ١ ، ٣ ، ٥ ، تحتوي على كمية أكبر من المعادن الداكنة عن المنطقتين ٢ ، ٤ .

شكل رقم(12) توافق وعدم توافق امتداد الصخور الرسوبية والنارية في الطبقات تحت السطحية



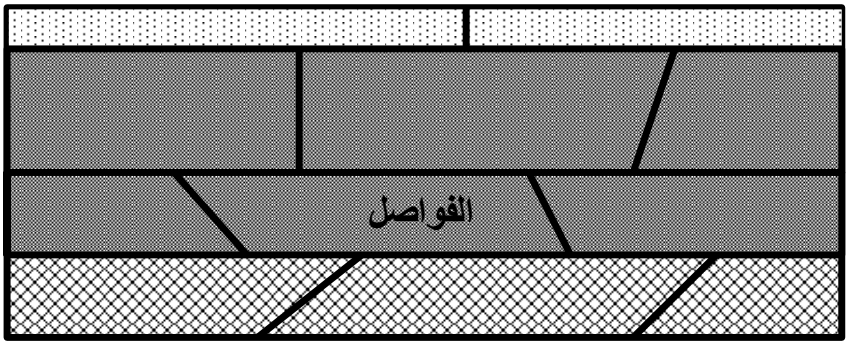
2- التراكيب الثانوية :

أ- الفواصل Joints

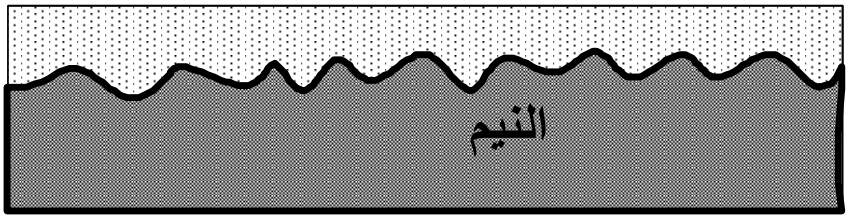
وهي مستويات او أسطح انفصال توجد في جميع انواع الصخور وتكون بأشكال مختلفة حسب طبيعة تكون كل نوع من الصخور ، ويمثل بعضها الحدود الفاصلة بين طبقة واخرى والبعض الأخر يوجد ضمن الطبقة الواحدة، وانها لا تؤدي الى تحرك الكتل الصخرية التي تفصل بينها بل تضعف من تماسكها وتجعلها عرضة لتأثير عوامل التعرية والتجوية، وتظهر الفواصل على نطاق واسع في الصخور الرسوبية وتكون في اتجاهات متعامدة أي رأسية وأفقية وعلى مسافات متباينة تتراوح ما بين عدة سنتمترات وعدة أمتار، وتقل تلك الفواصل في الصخور النارية لانها كتلية وتظهر في الصخور الجرانيتية اكثرمن البازلتية، وتساعد تلك الفواصل على انفصال الكتل الصخرية عن بعضها عند تعرضها الى قوى مؤثرة تعمل على تحرك الكتل المنفصلة من مكانها، شكل رقم(2- 13أ) بعض انواع الفواصل .

ومن الجدير بالذكر ان بعض مستويات الانفصال تكون مجعدة أو متموجة نتيجة لانكماش الصهير بعد تبرده بالنسبة للصخور النارية الجرانيتية أو لتعرضها الى حركات أرضية التوائية اوتكتونية بطيئة، ويظهر أيضا في المناطق التي تعرضت الى حركات المد والجزر والمناطق الرملية التي تعرضت إلى رياح عملت على تجمعها بشل متموج, أي تكون ظاهرة النيم، وبمرور الزمن وتحت تأثير عوامل مختلفة تماسكت وتصلبت بحيث حافظت على شكلها بعد ان ترسبت فوقها طبقات غير مشابهة لها في نوع الرواسب, لذا تبقى أسطح الانفصال واضحة بينهما وبشكل متموج، شكل رقم(2- 13 ب) ، وتساعد تلك الفواصل على تنشيط عمليات التعرية والتجوية واضعاف قوة وتماسك الصخور والذي تنعكس أثاره على النشاط البشري القائم او سيقام فوق تلك المواضع.

شكل رقم(13 أ) الفواصل



شكل رقم 31 ب اسطح الانفصال

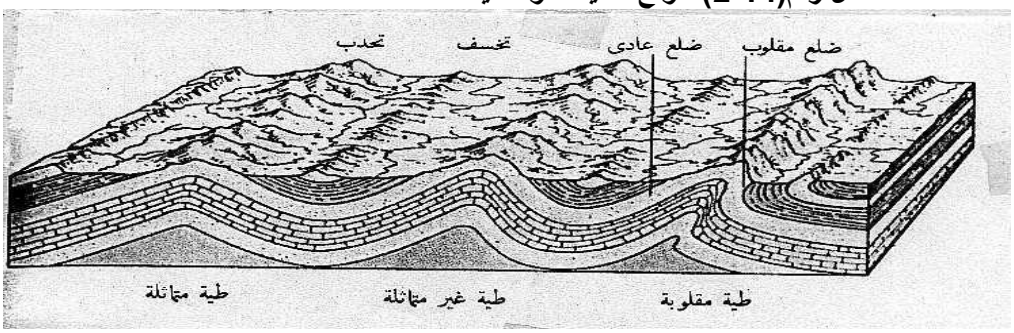


ب- الثنيات او الطيات Folds

تتكون الثنيات او الطيات نتيجة لتعرض الطبقات الصخرية الى حركات أرضية مختلفة وتكون واضحة في الطبقات الحديثة التكوين وقليلة الصلابة، اذ تتكون ثنيات محدبة(anticline) او مقعرة(syncline)

وتكون على انواع كالنائمة والمقلوبة والقبابية والمتماثلة والأحادية الميل.[18] شكل رقم (2- 14) ، ويعد هذا النوع من التراكيب الثانوية ذا أهمية كبيرة حيث تمثل بعض تلك الطيات مكامن جيدة لتجمع الرواسب المعدنية او النفط او المياه الجوفية، الاانها 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.

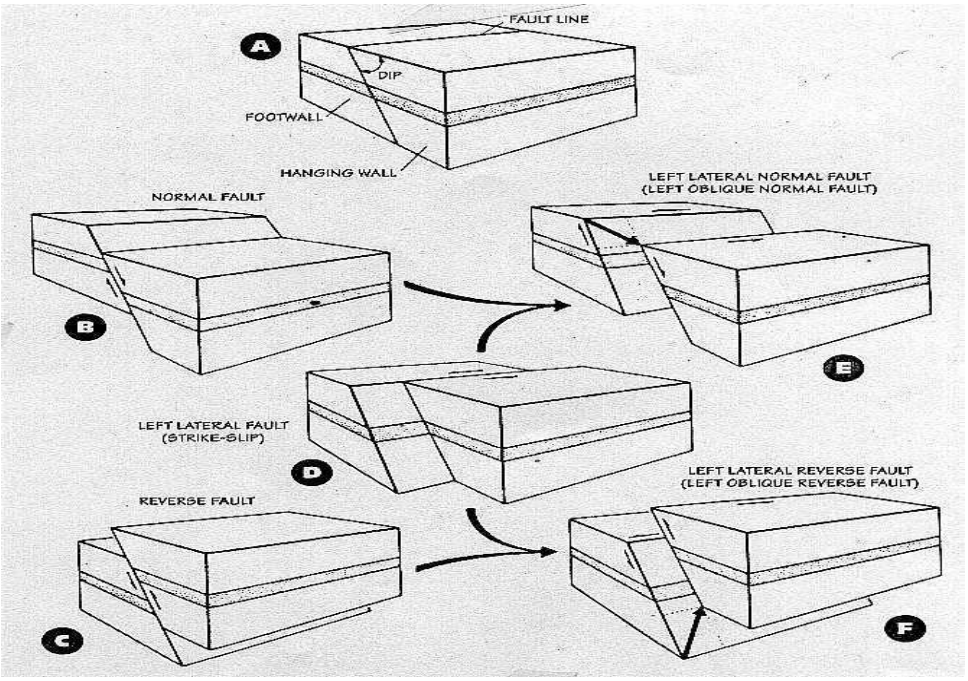
شكل رقم(14-2) انواع الثنيات او الطيات



ج- الفوالق او الصدوع faults
تظهر الفوالق في المناطق التي تتعرض إلى حركات أرضية بطيئة او سريعة كالزلازل والبراكين فينتج عنها تحرك الطبقات المنكسرة عن بعضها رأسيا او أفقيا فيظهر فالق في الطبقات الصخرية قد يكون واضح في جميع الطبقات العليا والسفلى او يكون اكثر 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 مكمن لموارد عدة من المعادن المختلفة والنفط والقار والمياه الجوفية ، حيث تظهر العيون على امتداد تلك الفوالق في العديد من مناطق العالم ، كما ينتقل عبرها بعض المواد السائلة كالنفط والقار، وهذا ماحدث في العراق حيث انتقل القار عبر فالق يمتد اكثر من 70 كم من منطقة وجوده في بداية الفالق الى منطقة أخرى في نهايته(فالق أبو القير- هيت) فقد ظهر القير في نهاية الفالق على شكل عيون كما ظهر في تلك المنطقة عدد من عيون المياه المعدنية التي تستخدم للأغراض الطبية، وتحتوي بعض العيون كبريتيد الهيدروجين القابل للاشتعال، وتمت الاستفادة من المياه في الزراعة الا أنها غير صالح للشرب.
ومن المخاطر الناتجة عن الفوالق أنها تمثل مناطق ضعف وانها على العموم غير مستقرة وتحت تأثير نشاط تكتوني وهذا له تأثير سلبي على المشاريع التي تقام فوق تلك المناطق او بالقرب منها، وهذا ماحدث في مدينة هيت التي تقع عند نهاية الفالق حيث ارتفعت مناسيب المياه الجوفية في المناطق المنخفضة من المدينة فأدت الى تدمير الأبنية ورفع نسبة الملوحة في التربة رغم القيام بالعديد من الإجراءات التي تحد من ذلك .

د- والانكسارات
تتعرض الطبقات الصخرية الى الانكسار تحت تأثير عوامل مختلفة خارجية وباطنية, وتتخذ الكتل المنكسرة أوضاعا مختلفة لتحركها رأسيا او اوافقياعن الكتلة او الطبقة التي انفصلت عنها وحسب اتجاه قوة التأثير, شكل رقم(15-2).
وقد تكون تلك والانكسارات متصلة عموديا وأفقيا وعلى مسافات متقاربة او متباعدة وتكون منتظمة او غير منتظمة, حيث تعمل المتقاربة على تفتت الكتل الصخرية وتمزيقها وذلك لتركز عمليات التعرية والتجوية في تلك الكسور, كما يكون لها الدور الفاعل في عمليات الانزلاق والزحف والسقوط الذي تتعرض له المنحدرات وبشكل متميز في الطبقات الصخرية المائلة مع الانحدار.

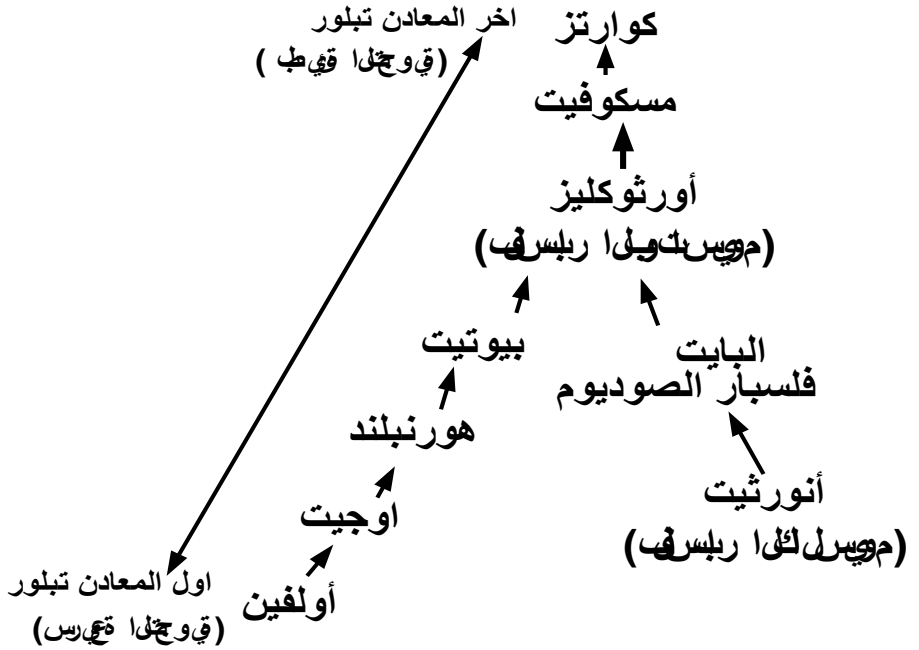
شكل رقم(2- 15) انواع والانكسارات



رابعا- عناصر الضعف في الصخور

تختلف الصخور عن بعضها في عناصر الضعف والقوة لذا تتباين في استجابتها لعوامل التعرية والتجوية والحركات الارضية ، وتتأثر الصخور بعناصر داخلية تتمثل بتركيبها المعدني ونسيجها وطبيعة امتدادها وما تتضمنه من مسامية واسطح انفصال التي تؤدي كثرتها الى اضعاف الصخور لتركز عمليات التجوية والتعرية فيها فتقلل من قوة الصخور ومقاومتها, كما يكون لتبلور المعادن المكونة للصخور اثر في ذلك, فالمعادن القديمة التبلور اقل مقاومة لعمليات التعرية والتجوية من الحديثة التبلور, مثال ذلك الاولفين اقدم المعادن تبلورا والكوارتز احدث تبلورا ولكن الأخير اكثر مقاومة من الاول شكل.[19] شكل رقم(16-2)

شكل رقم(2- 16) المعادن حسب النشأة وتأثير التجوية



اما العناصر الخارجية فتتعلق بالبيئة التي توجد فيها الصخور رطبة، جافة، حارة، باردة، أي لكل بيئة تأثير متميز عن غيرها وبدرجات متفاوتة.

والصخور تختلف عن بعضها من حيث نظامها المفصلي والبنية وميل الطبقات وهذا ما يجعل الاستجابة للعمليات الجيومورفولوجية متباينة من نوع لاخر، وقد تكون المفاصل والشقوق منتظمة او غير منتظمة حيث تعود في نشأتها الى عدة عوامل مثل تبرد الصخور بعد تكونها او تعرضها الى ضغط ناتج عن حركات أرضية مثل الشد الذي تتعرض له القمم المحدبة من الالتواء او الضغط الذي تتعرض له الثنية المقعرة ، وقد تكون الكسور او الشقوق قريبة من سطح الارض أي في الجزء الخارجي من الصخور، وبعضها متصلا والبعض الأخر غير متصل أي لا تتقاطع مع بعضها .

وقد تسهم الحركات الارضية في تغير بعض المظاهر من خلال رفع مستوى بعض المناطق وخفض البعض الأخر، والذي يخضع بدوره الى عمليات التعرية والتجوية التي تسهم أيضا في تغيير المظهر العام للأرض.[20] وهذا التغير يترتب عليه تغير البنية والتركيب المعدني للتربة والصخور والتي تنعكس أثارها على الخصائص العامة لتلك التكوينات فتزيد من صلابتها او تضعفها والتي تنعكس أثارها على النشاط البشري، وعلى العموم يمكن تمييز نوعين من عناصر الضعف الصخري هما:

1- عناصر ضعف نوعي:

وتعود الى نشأة الصخور وظروف تكوينها وتركيبها الكيميائي وخصائصها الفيزيائية كالنسيج والمسامية النفاذية والمادة اللاصقة ولون الصخور وطبيعة بنائها الطبقي ونظامها المفصلي.

2- عناصر ضعف مكتسبة:

وهي ناتجة عن اثر البيئة التي توجد فيها الصخور عند تكوينها أو بعده وما ينتج عنه من شقوق وصدوع وميل الطبقات وانقطاعها وارتفاعها وهبوطها نتيجة للحركات التكتونية وتأثير المناخ والمياه الجوفية والجارية.(21)

ويعد العامل المناخي من اكثر العوامل الخارجية وضوحا في التأثير ويكون من خلال ما يأتي:

أ- تأثير الحرارة

تعد الصخور بصورة عامة مواد رديئة التوصيل للحرارة لذا ترتفع درجة حرارة سطوحها الخارجية عند ارتفاع درجة حرارة الجو في حين تبقى حرارة الأجزاء الداخلية منخفضة, فيترتب على ذلك تمدد وانكماش متبادل ضمن الأسطح الخارجية للصخور اكثر مما في الداخل, وينتج عن ذلك ضغط داخل الصخور مسببا تشقق أسطحها وتكسرها, ويسمى هذا النوع من التجوية بالعزل, وتدث هذه الظاهرة في المناطق الصحراوية على نطاق واسع بسبب التغير الكبير في درجات الحرارة اليومية والفصلية, ويظهر التأثير واضحا في الصخور الداكنة مثل الصخور الرسوبية المائلة الى اللون الأسود او الأحمر لاحتوائها على اكاسيد الحديد او مواد عضوية والتي تسهم في امتصاص كمية كبيرة من الإشعاع الشمسي والتي تؤدي الى رفع حرارة الأجزاء الخارجية من تلك الصخور فتزيد من سرعة تكسرها اكثر من الصخور الخالية من تلك المواد.

ونظرا لتنوع التركيب الكيميائي للصخور والتي تتباين في معامل تمددها الحراري لذا يصاحب التغير في درجات الحرارة تمدد وتقلص تلك المعادن بصورة غير متماثلة فينتج عن ذلك تشقق وتفتت الطبقات السطحية من تلك الصخور, على سبيل المثال معامل التمدد الحراري الحجمي للكوارتز 0,00031 و الهورنبلند 0,00028 والارثوكليز 0,00017 , أي يكون التمدد في الكوارتز ضعف الارثوكليز, كما ان معامل التمدد الطولي للكوارتز 75x 10 $^{-7}$ ويكون في اتجاه واحد, في حين يتمدد الارثوكليز في اتجاهين أحدهما 2 10x $^{-5}$ والثاني 2x10 $^{-10}$.

كما تتعرض الأملاح الى التمدد الحراري وهي ذات معاملات تمدد عالية تفوق المعادن لذا تسبب الأملاح التي تحتويها الصخور تكسرها وتشققها, ويزداد تأثيرها بازدياد نسبتها في الصخور.

ب- التأدرن او الهدرجة Hydration

يترتب على تحول بعض المعادن من نوع لاخر كبر حجمها فيؤدي ذلك الى تفتت و تكسر وتشقق الصخور التي تحدث فيها هذه الظاهـرة, مثل تحول الانهيدرايت الى جبس والذي يزداد حجمه 33%, وكذلك الحال بالنسبة الى بعض المعادن الطينية مثل المنتمورولنايت الذي يمتص الماء فيزداد حجمه من 14 الى 17 أنجستروم مسببا ظغط كبير على ما يوجد فوقه فيعمل على تدمير الأبنية التي تقام فوقه اذا كان بكميات كبيرة.

ج- عمليات التمدد والانكماش

تحدث عمليات التمدد والانكماش في بعض التكوينات الطينية والناتجة عن ظاهرتي الرطوبة والجفاف.

د- الإذابة

تتباين المعادن والأملاح في قابليتها على الذوبان بالماء وتعد معادن الفلسبار والسليكات من المعادن التي لها قابلية كبيرة على الذوبان.

وكذلك الحال بالنسبة للأملاح فهي الأخرى تتباين في قابليتها على الإذابة فبعضها سريعة الذوبان بالماء مثل كلوريد الصوديوم والمغنيسيوم, في حين يكون الجبس اقل قابلية وكاربونات الكالسيوم بطيئة الإذابة, وتظهر اثار ذلك واضحة في المناطق الرطبة حيث تتعرض الصخور المحتوية على تلك المعادن والأملاح بنسب عالية الى التآكل والتجوية وتكون على شكل حفر واضحة, اما في المناطق الجافة وشبه الجافة فيكون الأثر محدود لقلة الرطوبة.(22)

وقد يساعد وجود ثاني أو كسيد الكار بون الذائب في الماء على زيادة نسبة إذابة المعادن والأملاح, ويسبب في رفع حامضية التربة والصخور(PH) نتيجة لتركز أيون الهيدروجين.

خامسا- حماية الصخور من التعرية والتجوية:

تتعرض الصخور الى عوامل التعرية والتجوية التي تعمل على تشويه شكلها وتقلل من صلابتها،وخاصة التي تستخدم في واجهات الأبنية ويكون اكثر وضوحا في المناطق الرطبة وخاصة التي تتعرض للأمطار الحامضية، وتؤثر عناصر المناخ المختلفة من حرارة ورطوبة ورياح على الصخور وبدرجات متباينة حسب طبيعة الصخور ودرجة مقاومتها والمناخ السائد، لذا يجب حمايتها لكي تحافظ على وضعها الطبيعي فترة زمنية اطول من خلال تجفيفها وتنعيم سطحها حتى لا تتجمع مياه الامطار فوقها وعدم السماح لها بالتسرب الى داخلها عبر المسامات والفواصل التي تتضمنها تلك الصخور ويقل تأثير الحرارة والرياح والرطوبة فيها، كما يستخدم زيت بذر الكتان المغلي في طليها مرتين او ثلاث ومن ثم طليها بدهن النشادر المخفف لمنع التبقع من اثر الزيت، ويستخدم في بعض الأحيان شمع البرافين في محلول متطاير لتغطية سطح الصخور التي تستخدم في واجهات الأبنية والنصب التذكارية المعرضة للظروف المناخية، وفي الظروف المناخية القاسية يمكن إعادة طليها بشكل مستمر للمحافظة عليها.[23]

سادسا- التمثيل الكارتوغرافي للطبقات الصخرية:

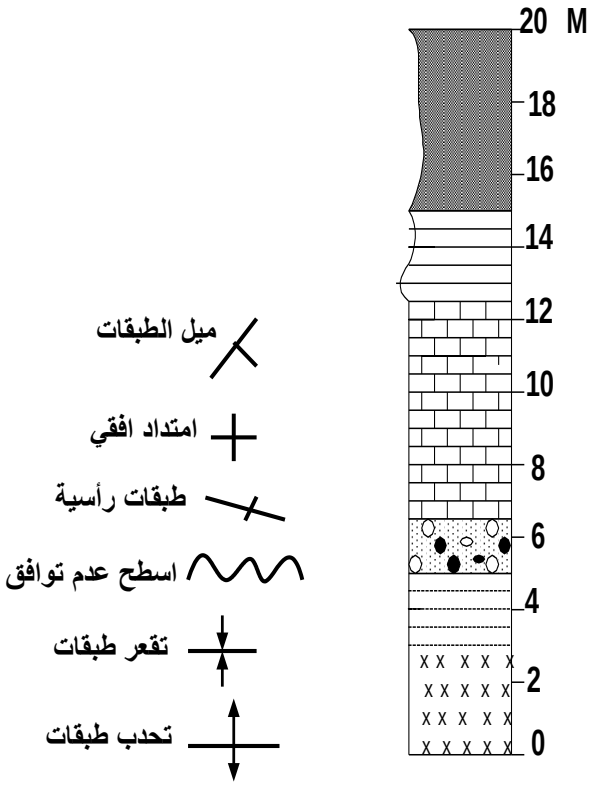
يعد التمثيل الكارتوغرافي للطبقات الصخرية ذا أهمية كبيرة في دراسة الصخور ومعرفة طبيعة وجودها في سطح القشرة الارضية رأسيا وأفقيا وكما يأتي:

1- مقاطع رأسية للطبقات الصخرية :
توضح المقاطع الرأسية بنية الطبقات وترتيبها وسمكها ومن خلال الدراسة الميدانية ووفق مقياس رسم معين يتم اختياره بما يتناسب وسمك الطبقات، كما يتم تمثيل كل طبقة برمز أولون معين حيث توجد رموز متفق عليها عالميا, شكل رقم (2- 17أ)، ويمكن ان يختار الباحث رموز تعبر عن نوع الطبقات وسمكها ويوضح ذلك في دليل الخريطة ، وتتضمن تلك المقاطع بعض الرموز التي توضح بعض المظاهر التي تتضمنها تلك الطبقات الصخرية مثل ميل الطبقات والطيات والانكسارات كما في الشكل رقم (2- 17ب).

شكل رقم(17-2أ) مقطع جيولوجي حسب الرموز الشائعة

شكل رقم(2- 17 ب)

شكل رقم(17-2-ج)



ويتطلب رسم المقطع الخطوات الآتية:

أ- قياس ارتفاع المقطع عموما من الاعلىالىالاسفل.

ب- قياس سمك كل طبقة على حده مع تحديد نوع الصخر الذي تتكون منه .

ج- تحديد الرمز المناسب لكل نوع من تلك الصخور سواء من الرموز العامة او يقوم الباحث باختيارها.

د- اختيار مقياس رسم ملائم للارتفاع العام للمقطع وارتفاع كل طبقة .

هـ- رسم المقطع بعد توفير المعلومات المذكورة أعلاه ويمكن ان يكون بشكل يتضمن التغيرات التي أحد ثتها عمليات التعرية والتجوية في الطبقات الصخرية والتي تعبر عن مكامن الضعف والقوة فيها من خلال تقدم وتراجع الطبقات.

مثال: ارسم مقطعا رأسيا او طوليا لعدد من الطبقات الصخرية في مكشف صخري يتكون من عدة الطبقات متباينة السمك وهي من الأعلى الى الاسفل كما يأتي:

حجر رملي 5م ، طفل 2,5م ، حجر جيري 6م، متكتلات 1,5م ، دولومايت 2م، جرانيت 3م،

مجموع ارتفاع الطبقات الصخرية 20م يمكن ان يكون مقياس الرسم 1/ 200 أي كل 1سم = 2م حسب اختيار الباحث ومن المثال السابق يكون المقطع كما في الشكل رقم[2- 17ج] .

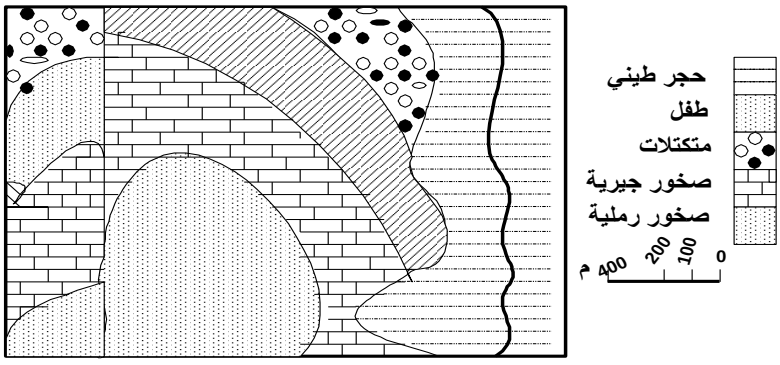
2- خرائط ومقاطع للامتداد الأفقي للطبقات الصخرية:

توجد الصخور على شكل طبقات وخاصة الرسوبية التي تعد من اكثر الصخور انتشارا، اما الصخور النارية فتكون على شكل كتل بصورة عامة ،على أية حال يمكن تمثيل امتدادها على شكل خرائط ومقاطع تعبر عن الوضع الطبيعي الذي توجد فيه تلك الصخور وكما يأتي:

أ- خريطة جيولوجية للطبقة العليا أو السطحية:

تستخدم الخرائط الجيولوجية في توضيح نوع الصخور التي تغطي منطقة معينة وتقتصر على الطبقة السطحية فقط ، حيث تحدد انواع الصخور المنتشرة في تلك المنطقة وسمكها وتثبت على خريطة منطقة الدراسة ومن ثم تستخدم الرموز الخاصة بكل نوع من تلك الصخور والتي توضح في مفتاح الخريطة، شكل رقم(2- 18).

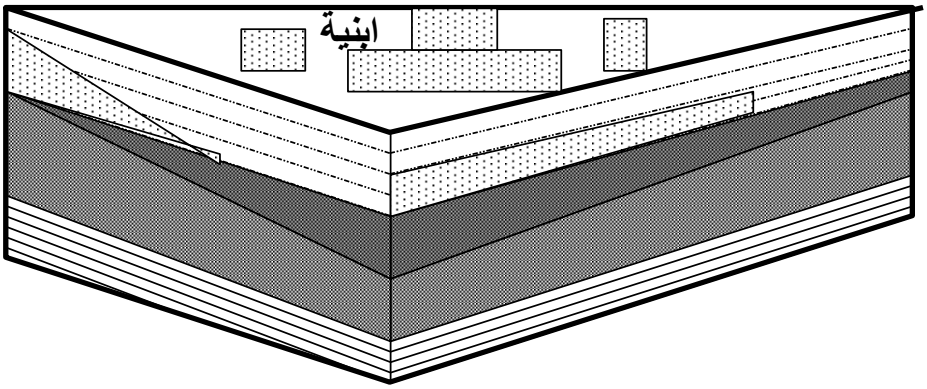
شكل رقم(2 – 18) خريطة التكوينات السطحية



ب- مقطع عرضي للامتداد الأفقي والرأسي للتكوينات السطحية وتحت السطحية :

توضح المقاطع العرضية طبيعة امتداد الطبقات الصخرية في مواضع المشاريع أفقيا ورأسيا ولا يكون على نطاق واسع بل على نطاق محدود يعبر عن نوع التكوينات التي يقع فوقها المشروع , حيث يظهر نوع الصخور وسمكها وامتدادها، أي يوضح أبعاد تلك الطبقات في الجهات التي يمثلها المقطع، كأن تكون من الشمال والشرق او من الجنوب و الغرب، شكل رقم(2- 19).

شكل رقم(19-2) الامتداد الأفقي للتكوينات السطحية وتحت السطحية



ج- تمثيل الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية على الخرائط الكنتورية:

تستخدم الخرائط الكنتورية في تمثيل الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية في حالة توافق امتدادها بشكل منتظم وموازي للخطوط الكنتورية التي تقع عند مستواها حدود الطبقات، وعليه يجب توفير خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة لتعيين حدود كل طبقة بالنسبة للخطوط الكنتورية، وتستخدم لتوضيح طبيعة امتداد الطبقات الصخرية ضمن منطقة محددة جبلية أو هضبية او أودية او تشمل جميع تلك المظاهر، حيث تعبر تلك الخرائط عن التباين في سمك الطبقات أفقيا ورأسيا في منطقة الدراسة.

مثال : مثل الطبقات الصخرية على الخريطة الكنتورية في الشكل رقم(20-2أ) حيث تقع النقطة أ على ارتفاع 500م والتي تمثل الحدود السفلى لطبقة من الحجر الجيري سمكها 150م وتعلوها طبقة من الصخور الرملية غير معلومة السمك، في حين تقع الى الاسفل من طبقة الحجر الجيري طبقة من الحجر الطيني سمكها200م والى الاسفل منها طبقة من المتكتلات غير معلومة السمك.

الحل:

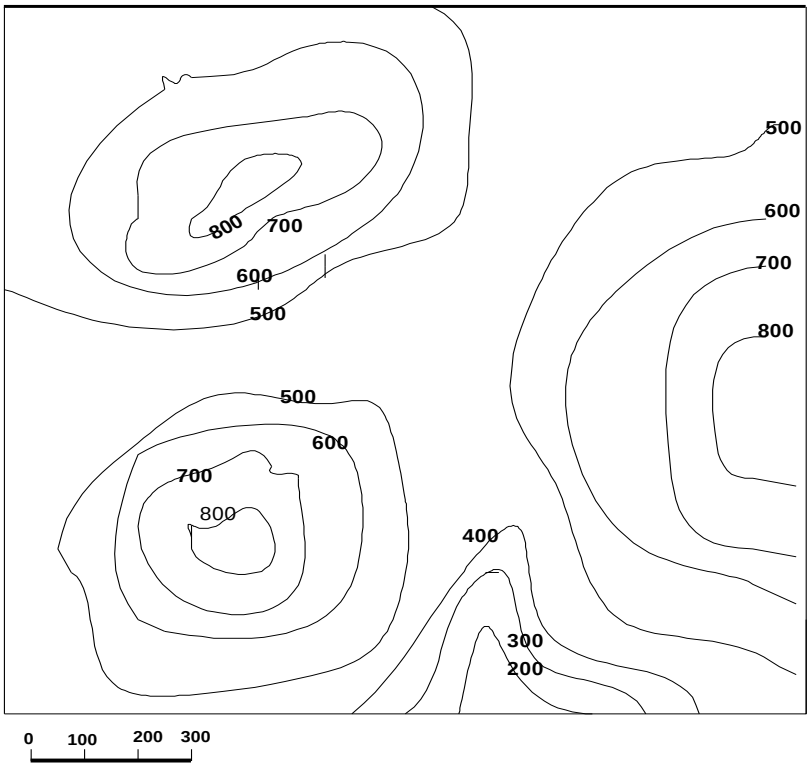
1-- رسم دليل جيولوجي للمنطقة(عمود) شكل رقم(20-2ب).

2- تحديد مكاشف الطبقات وكما يأتي:

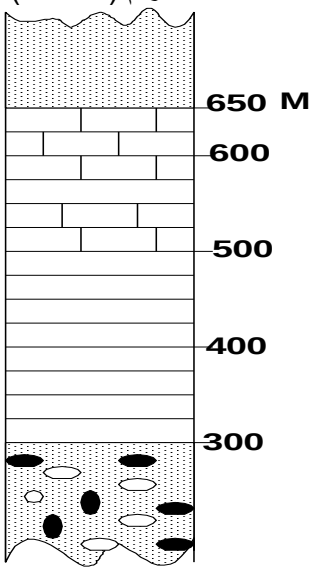
أ- يمثل خط كنتور 500 السطح السفلي لطبقة الحجر الجيري الى ارتفاع 650 م ويقع فوقها طبقة رملية غير معلومة الارتفاع, ويمثل خط كنتور 500 سطح علوي لطبقة الحجر الطيني الى خط 300.

ب- يمثل الخط 300 سطح اسفل لطبقة الحجر الطيني التي تبدأ من 500, وسطح أعلى لطبقة المتكتلات التي تمتد نحو الأسفل الى نهاية الخريطة, أي غير معلومة السمك، شكل رقم(2- 20ج)

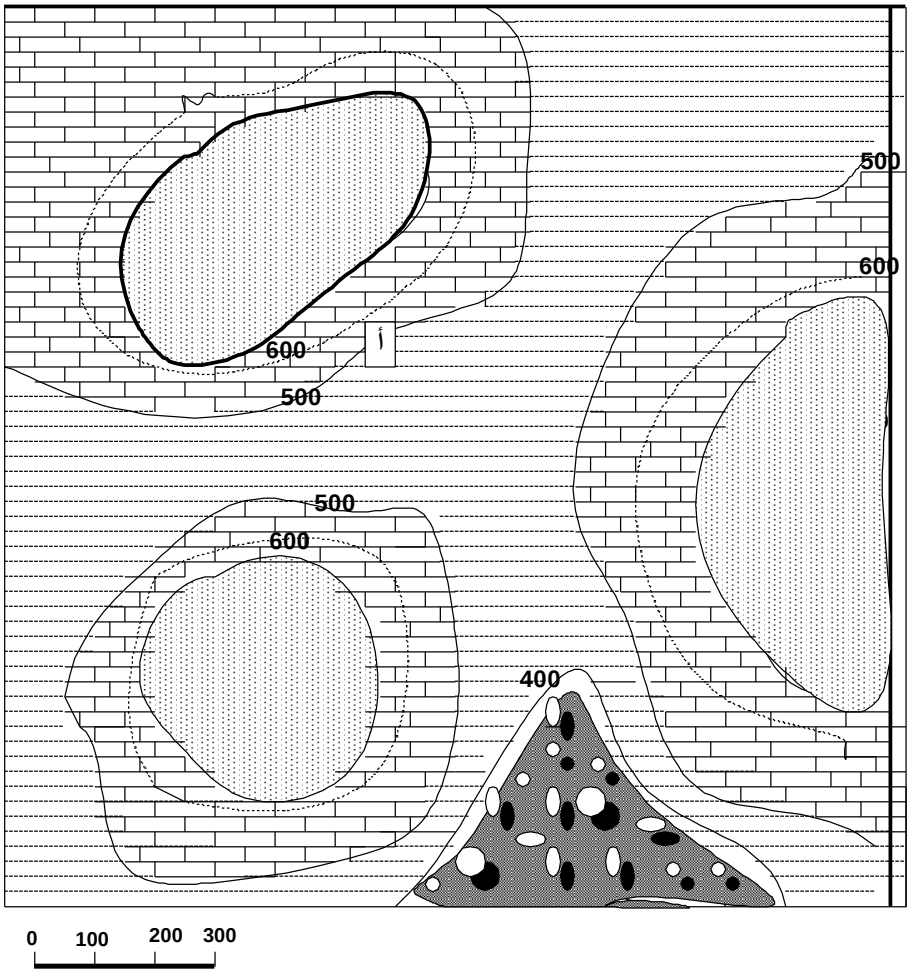
شكل رقم(2- 20 أ)- خريطة كنتورية



شكل رقم (20-2ب) عمود



شكل رقم(20-2ج) تمثيل الطبقات الصخرية على الخريطة الكنتورية

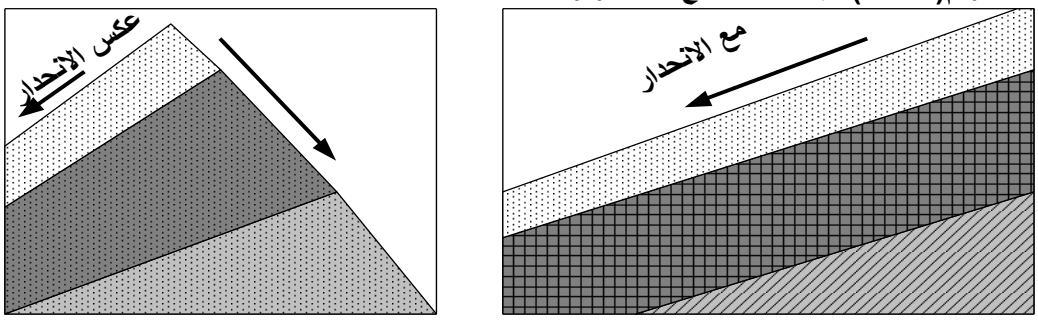


2- مقاطع وخرائط للامتداد المائل للطبقات الصخرية:

أ- مقطع عرضي للامتداد المائل للطبقات :

تتخذ بعض الطبقات وضع مائل ويكون الميل باتجاه معين قد يتوافق مع الانحدار العام او لا يتوافق معه ويكون باتجاه معاكس ، ولهذه الظاهرة أهمية كبيرة عند تخطيط أي مشروع او ممارسة أي نشاط في مثل تلك الأماكن، لذا يتم تمثيل امتداد تلك الطبقات بمقاطع عرضية توضح اتجاه الميل ومقداره ، شكل رقم(21-2).

شكل رقم(2- 21) ميل الطبقات مع الانحدار وعكسه



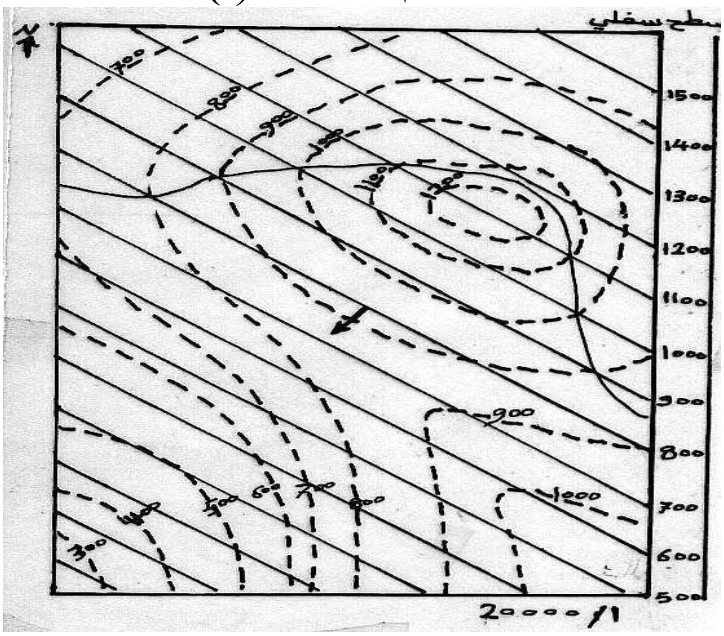
ب- تمثيل الامتداد المائل للطبقات على الخرائط الكنتورية:

تستخدم الخرائط الكنتورية في توضيح ميل الطبقات الصخرية على ان يؤخذ بالاعتبار ميل الطبقات وطبيعة الانحدار، لذا يستعان بما يعرف بخط المضرب وهو خط وهمي افقي يتقاطع مع سطح الطبقة الأصلي ويشكل خطآ مستقيما وعلى مستويات عده والتي ستمثل المستويين العلوي والسفلي للطبقات، وتظهر تلك الخطوط بشكل مستقيم ومتوازي، ويتم قياس خط المضرب واتجاه الميل من الشمال المغناطيسي ببوصلة خاصة بذلك حيث تقيس الاتجاه ودرجة الميل التي تثبت على الخريطة التي يتم رسم الطبقات عليها، وتحتاج تلك العملية الى مايأتي:

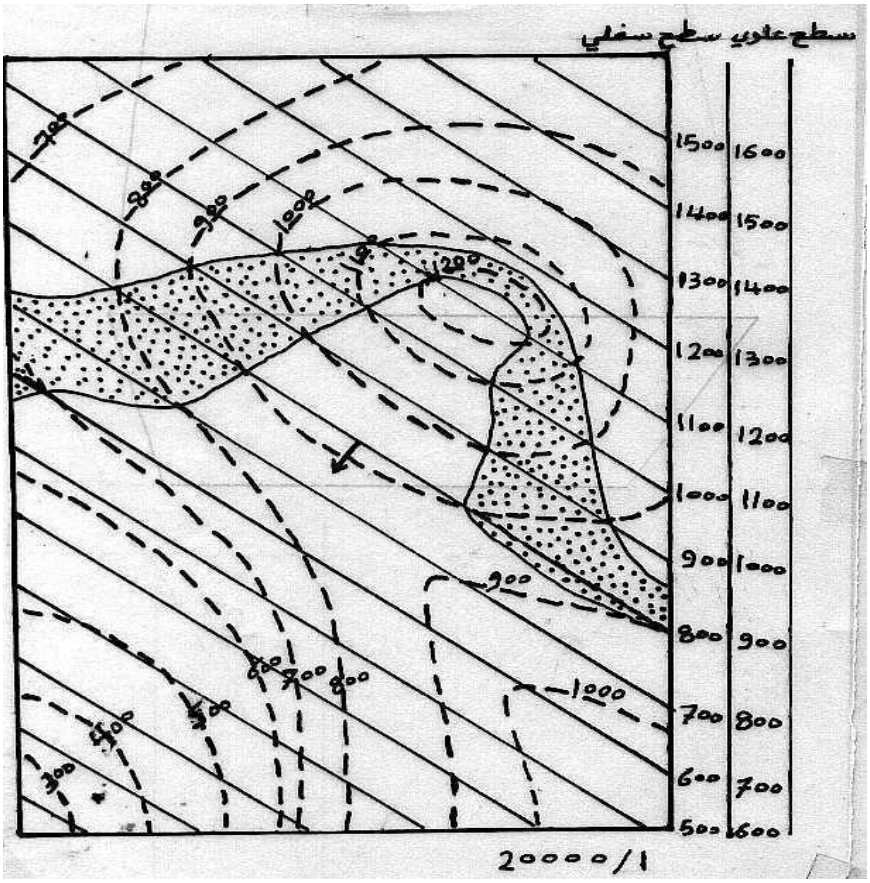
1- تكون خطوط المضرب عمودية على اتجاه الميل الحقيقي وتشكل منسوبا لاسطح الطبقات، ومناسيب تلك الخطوط تتناقص باتجاه الميل وتزداد عكس اتجاه الميل، شكل رقم (22-2أ).

شكل رقم (2- 22) مراحل تمثيل الامتداد المائل للطبقات الصخرية على الخرائط الكنتورية

شكل رقم 2-22 (أ)



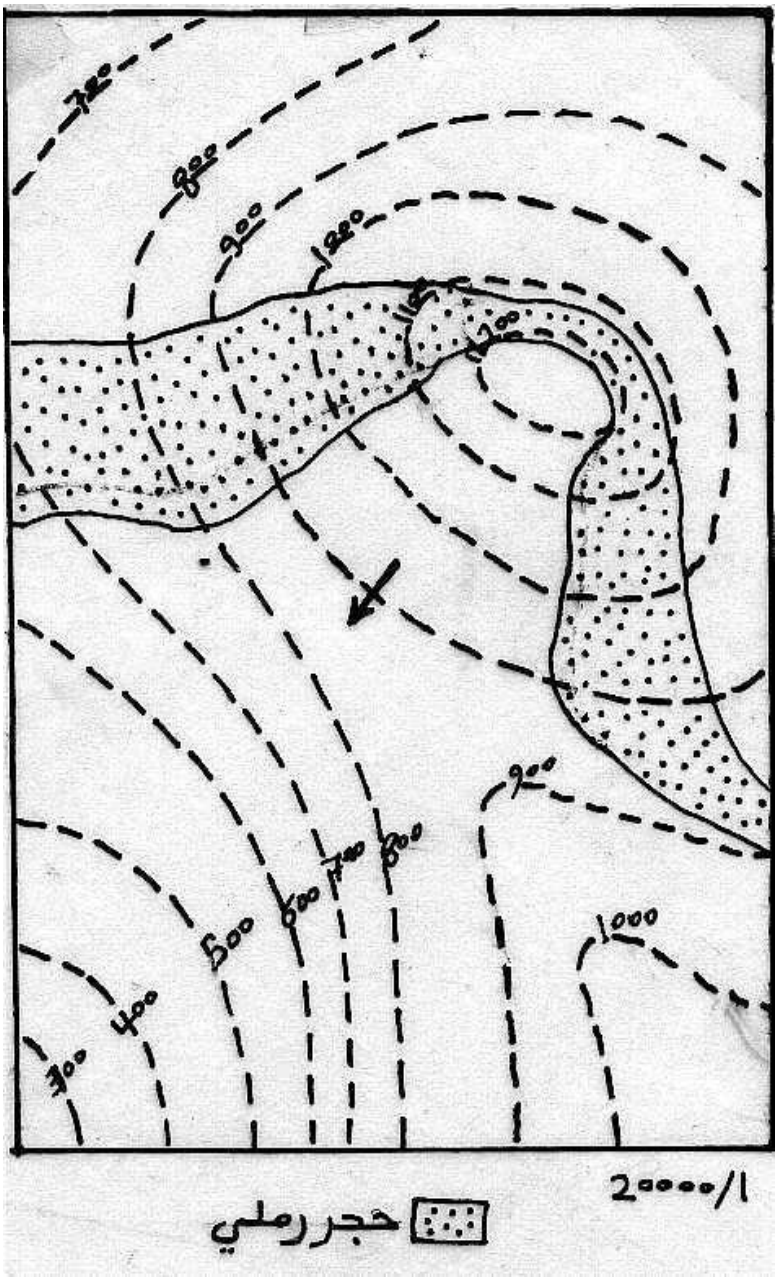
شكل رقم 2-22 (ب)



2- يحدد أسطح الطبقات من تقاطع خطوط المضرب مع الخطوط الكنتورية المساوية لها بالقيمة او المنسوب، ومن خلال توصيل نقاط التقاطع يظهر سطح الطبقة وطبيعة امتدادها المائل، شكل رقم(2- 22ب)

3- تتغير مناسيب خط المضرب الواحد ويستخدم في رسم جميع أسطح التتابع الطبقي للطبقات التي تميل باتجاه واحد ميلا منتظما، ويكون الفرق بين منسوب واخر مساويا لسمك الطبقة .[24]
وبعد ذلك تزال الخطوط من الخريطة فتظهر الطبقات بشكل واضح، شكل رقم (22-2ج).
مثال: وضح امتداد طبقة صخرية من الحجر الرملي على شكل رقم (22-2أ) والتي سمكها 100م وتقع حدودها السفلى على ارتفاع 1000م.
الحل:
يتم توقيع الحدود السفلى عند ارتفاع 1000م وامتدادها عند تقاطع خطوط المضرب مع الخطوط الكنتورية المساوية لها في القيم، اما الحدود العليا فتكون عند تقاطع خط المضرب بعد تغيير القيم بإضافة 100 الى كل قيمة، ومن ثم التوصيل بينها فتظهر الطبقة كما في الشكل رقم(22-2ج).

شكل رقم 2-22 (ج)



المبحث الثاني- التربـــة Soils

أولا- تعريف التربة والتحري عنها موقعياً:

1- تعريف التربة:

تعني التربة الطبقة الهشة التي تغطي معظم سطح اليابس وبسمك متباين من مكان لاخر يتراوح مابين بضع سنتمترات وعدة أمتار وتتكون من عناصر معدنية مختلفة ناتجة عن تفتت الصخور وعناصر عضوية ناتجة عن تحلل البقايا النباتية والحيوانية، وتعود التربة في تكوينها الى مصدرين رئيسيين وهي اما تربة منقولة ناتجة عن عمليات التعرية والتجوية ونقلتها المياه والرياح والثلوج ورسبتها في مكان آخر، لذا لاتشبه مثل تلك التربة في تركيبها المعدني التكوينات التي ترسبت فوقها لهذا السبب تسمى في بعض الأحيان بالتربة الغريبة.

اما النوع الأخر فهو ناتج عن تجوية وتفتت الصخور وبقاء تلك المفتتات في مكانها لذلك تشبه في تركيبها المعدني الصخور التي ترتكز عليها وتسمى بالتربة المتبقية.

ومن الجدير بالذكر ان خصائص التربة غير ثابتة بل تتغير من زمن لاخر متأثرة بعدة عوامل منها ما يأتي:

أ- التركيب المعدني للصخور.

ب- عناصر المناخ.

ج- الغلاف الحيوي.

د- طبيعة السطح الذي تقع فوقه التربة.

هـ- سمك التربة.

و- كمية الماء في التربة.

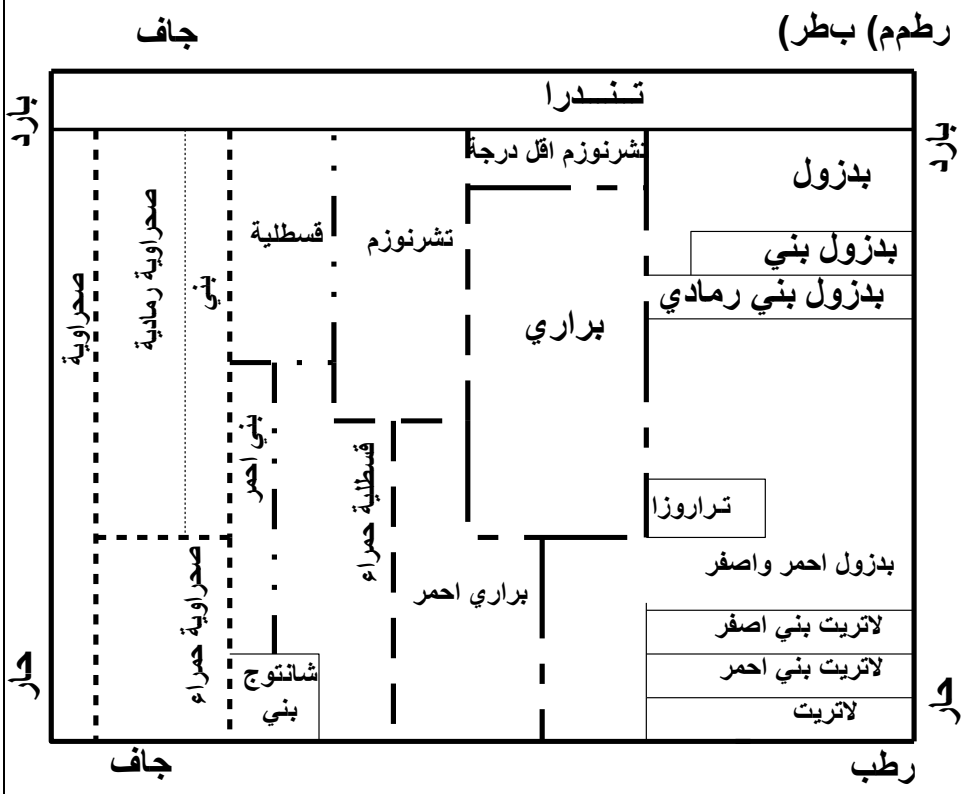
ز- الزمن الذي تمر فيه التربة منذ تكوينها.

ح- عمليات التعرية والارساب وما يترتب عليها من إضافة او نقص في سمك التربة.

ط- النشاط البشري من حراثة وزراعة وإزالة وتسميد.[25]

ويعد المناخ من اكثر العوامل تأثيرا على التربة بعناصره المختلفة من حرارة وتساقط ورطوبة وما ينتج عنها من تعرية وتجوية ونمو النباتات والتي تمثل جوانب أساسية في تكوين التربة، لذا تختلف أنواعها من مكان لاخر حسب طبيعة المناخ السائد، شكل رقم(23-2). ويظهر تطور التربة واضحا في المناطق الرطبة والمرتفعة الحرارة، أي الأكثر مطرا او مناطق السهول الفيضية، حيث تكون التربة على شكل آفاق متميزة لذا تسمى ناضجة، في حين لا تظهر أفاق التربة في المناطق الصحراوية والباردة بشكل واضح فتسمى تربة غير ناضجة.

شكل رقم(2- 23) انواع الترب حسب تنوع المناخ



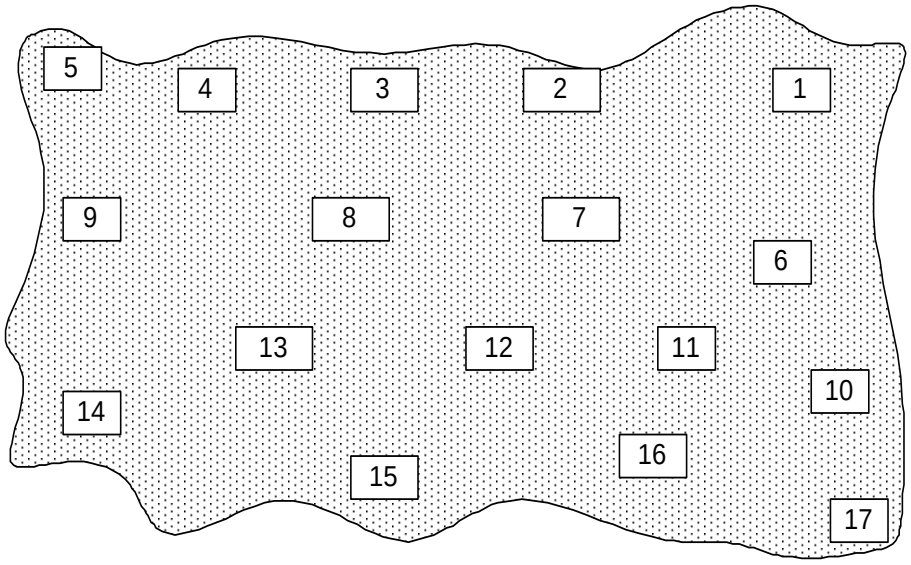
2- التحري الموقعي عن التربة:

ان التعرف على خواص التربة من الجوانب المهمة علم الجغرافية عامة والجيومورفولوجيا التطبيقية خاصة وذلك لارتباط النشاط البشري بأشكاله المختلفة بالتربة، وعليه لابد من معرفة الصفات والخصائص الفيزيائية والكيميائية لها ومن خلال الدراسة الميدانية والتي تكون وفق الخطوات

أ- تحديد المواضع التي تؤخذ منها عينات وتكون موزعة بشكل يغطي كل منطقة الدراسة، وعدم الاكتفاء بنماذج محددة وعلى مسافات متباعدة وذلك لاختلاف نوعية التربة من مكان لاخر وعلى مسافات متقاربة قد لا تتجاوز عدة أمتار.

ب- ترقيم المواضع على خريطة منطقة الدراسة لمعرفة نوع التربة في كل موضع بعد تحليلها مختبريا، شكل رقم(2- 24)

شكل رقم(2- 24) مواضع فحص التربة



ج- تعيين الأعماق التي سيتم دراسة نوع التربة عندها، حيث تكون على عمق 30سم وعمق 60سم وعمق 90 سم، او اكثر من ذلك وفي هذه الحالة تعطى الأعماق رموز في كل موضع ، مثل موضع رقم واحد عمق 1Aوعمق 1Bوعمق1Cوهكذا بقية المواضع.

د- اخذ عينة من كل عمق يحتاج الى فحص التربة فيه وبكمية لاتقل عن 1كغم وتوضع في كيس ويكتب عليه رقم الموضع والعمق، ولغرض الحصول على العينة بشكل صحيح وعلمي يجب إزالة الطبقة السطحية من التربة وعلى عمق 15سم مع إزالة ما يوجد من نبات فيها، حيث لاتمثل الطبقة العليا التربة الحقيقية ولاتعود في تكوينها الى المصادر التي كونت ما تحتها.

ولاخذ العينات بشكل دقيق يتم حفر حفرة بطول 1م وسعة نصف متر وبشكل متدرج كل مرتبة تمثل عمق معين الاولى30سم والثانية60سم والثالثة 90سم، بهذه الطريقة تؤخذ العينات بطريقة علمية وعملية دون تشويه كما يمكن ملاحظة نوع النسجة واللون ونوع التكوينات في كل طبقة او أفق، حيث تمثل الحفرة قطاع للتربة يمتد من سطح الارض الى العمق المحدد والذي قد يصل الى الطبقة الصخرية التي ترتكز عليها التربة.

وقد تصنف التربة حسب العمق وكما يأتي:

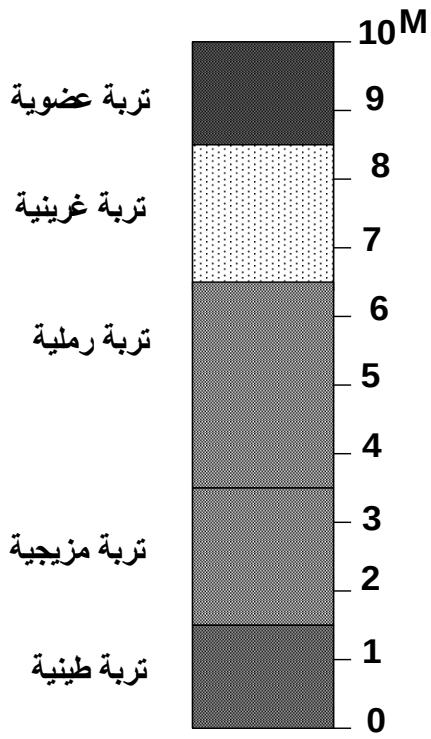
1- تربة ضحلة جدا عمق 30سم فاقل.
2- تربة قليلة العمق بين 30– 60 سم .
3- تربة متوسطة العمق بين 60– 90سم.
4- تربة عميقة بين 90– 150سم.
5- تربة عميقة جدا اكثر من 150سم.

هـ- بعد الانتهاء من عملية تحليل التربة ومعرفة أنواعها حسب تركيبها الكيميائي وخصائصها الفيزيائية يمكن رسم مقطع طولي او رأسي يوضح أفاق التربة في منطقة الدراسة ، ففي حالة تشابه أفاق التربة في كل المنطقة يكتفي بمقطع واحد، وان كانت مختلفة يتم رسم مقاطع على عدد مواقع الاختلاف، ويذكر في دليل كل مقطع المواضع التي يمثلها ، شكل رقم(25-2).

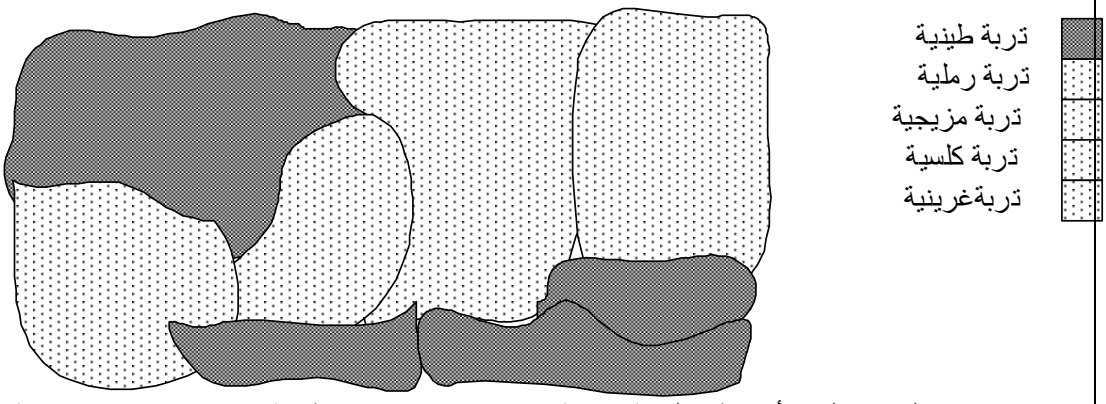
و- رسم خريطة توضح نوع التربة السطحية على عمق 30سم في منطقة الدراسة وطبيعة انتشارها حسب ما ظهر في نتائج تحليلها، شكل رقم (2- 26).

ومعرفة طبيعة التربة يعد ذا أهمية كبيرة في تخطيط المشاريع وتنفيذها حيث تحدد نوعية التربة كلفة تنفيذ المشروع .

شكل رقم(2- 25) مقطع طولي يوضح أفاق التربة وسمكها



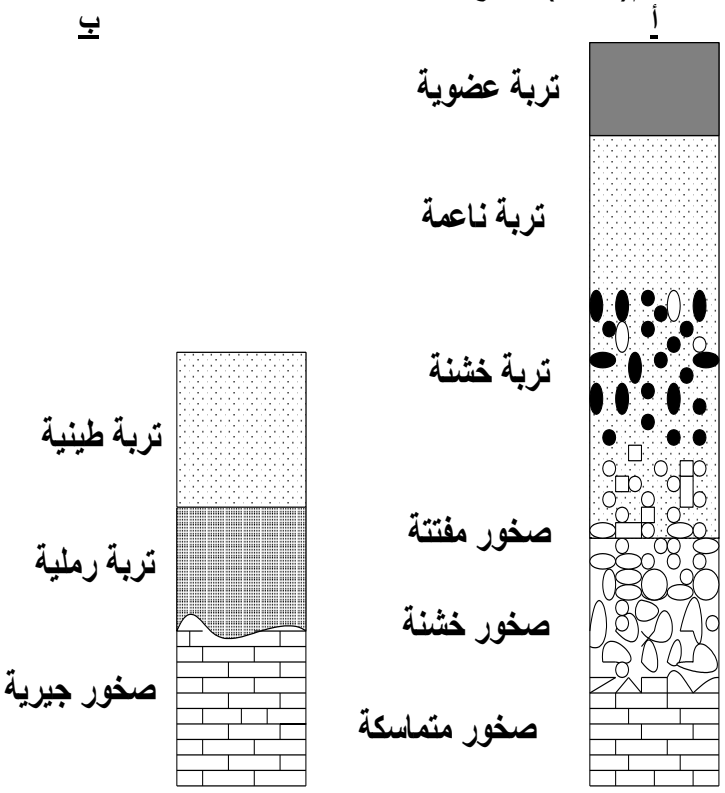
شكل رقم (2-26) توزيع التربة في منطقة الدراسة



ومن الجدير بالذكر أن انطقه التربة متباينة من مكان لاخر حسب طبيعة تكوينها، فإذا كانت مشتقة أو متبقية تتنوع الانطقة إذ يكون القسم العلوي تربة ناعمة تليها تربة خشنة ثم صخور صغيرة وجلاميد أو مفتتات صخرية متباينة الأحجام وتليها قطع صخرية كبيرة ومتوسطة الحجم ترتكز على طبقة صخرية صلبة ومتماسكة، شكل رقم (27-2أ).

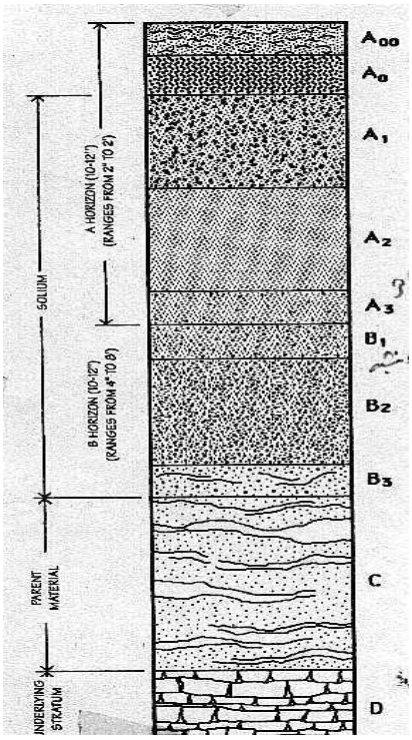
اما التربة المنقولة فقد تكون طبقتين مثل طبقة طينية فوق رملية او صخرية صلبة ، أو تتكون من عدة طبقات حسب العامل الذي اسهم في نقلها، شكل رقم(2- 27ب). فالأنهار على سبيل المثال تحمل كميات كبيرة من الرواسب عند فيضانها وبأحجام مختلفة والتي تترسب حسب حجمها عند انخفاض سرعة الجريان، الخشنة ثم المتوسطة والناعمة فيكون ترتيبها الحصى ، الرمل ، الغرين، الطين، وهذا لايعني عدم وجود خلط بين تلك الترسبات الانها بنسب قليلة، اذ يوجد الرمل مع الحصى والغرين مع الرمل والطين مع الغرين او بالعكس.

شكل رقم(27-2) مقاطع للترب المتبقية والمنقولة



وبالنظر لتغير مجرى النهر بين فترة واخرىوخاصة في الفترة التي لم يتدخل الانسان بشؤونه وكان وادي النهر مسرح لعملياته من تعرية وار ساب لذا تظهر التربة في مناطق السهول الفيضية على شكل طبقات او أفاق متباينة وعلى عمق بضع أمتار، حيث تتميز عن بعصها في اللون والنسيج وحجم الحبيبات، كما تظهر في بعض الأحيان مناطق انتقالية بين الطبقات والتي قد تميل في تكوينها الى إحدى الطبقات المجاورة لها اكثر من الأخرى، شكل رقم(2- 28), حيث يمثل الأفق A3 منطقة انتقالية بين AوB وتميل الى A اكثر منB , اما الأفق B1 فيميل في مكوناته الى B اكثر من A .[26]

شكل رقم(28-2) مقطع يوضح تغير أفق التربة



وهذا لايعني ان التربة المتبقية لا تتكون من طبقات او انطقه لكونها تتشابه في تركيبها المعدني بل يوجد تباين في آفاقها في اللون وحجم المفصولات او المكونات الاساسية، ويمكن عموما تمييز ثلاث طبقات في التربة المتبقية هي:

1-الطبقة العليا:
وتتميز بوجود نسبة عالية من المكونات العضوية فيها مما جعلها ذات لون داكن [اسود أوبني او رمادي] وخاصة الجزء العلوي من تلك الطبقة، اما الجزء السفلي منها فيكون ذات لون فاتح لوجود نسبة عالية من الرواسب الغرينية وقلة المواد العضوية.

2- الطبقة الوسطى:
تتكون من تربة طينية واضحة ناتجة عن إذابة الرواسب الطينية في الطبقات العليا ونقلتها المياه الى الطبقة التي تليها أي الوسطى، فضلا عن وجود الرواسب المعد نية المختلفة خاصة التي لها قابلية الذوبان بالماء والانتقال من الأعلى الى الاسفل، لذا تكون هذه الطبقة غنية بالمعادن التي يحتاجها النبات.

3- الطبقة الصخرية التحتية او السفلى:

وتمثل الطبقة الأساس التي تكونت منها التربة المتبقية بتأثير العوامل المختلفة وخاصة التجوية، وقد تحتفظ التربة الناتجة عن تلك الصخور بالخصائص المعدنية لتلك الصخور، اما الخصائص الأخرى من نسيج ولون فتتأثر بعوامل أخرى.[27] حيث تؤثر طوبوغرافية الارض وميل السطح على تكون التربة, اذ يتوقف عليها جريان مياه الامطارعلى سطح الارض وما يترشح منها الى باطن الارض والذي يكون له دور فاعل في عمليات التجوية التي تعمل على تفتت الصخور وتحويلها الى تربة. كما ان لانحدار السطح علاقة بقطاعات التربة المتبقية وكما يأتي:

أ- مناطق قليلة أو بطيئة الميل ما بين 0ـــ 4% حيث يسمح انحدارها بتسرب المياه بكميات كبيرة داخل التربة فتعمل على تغير خصائصها في الطبقة الثانية فتتحول الى تربة طينية .

ب- مناطق متوسطة الميل مابين 4ـ16% تكون التعرية ضعيفة خاصة اذا توفر غطاء نباتي، وقد يساعد الانحدار على زيادة الجريان وقلة المياه المتسربة في حالة عدم وجود غطاء نباتي فيكون تأثيرها محدودا على الطبقات تحت السطحية.

ج- مناطق شديدة الانحدار مابين 16ـ 55% ويعد هذا أقصى ميل تتكون عنده التربة وبسمك يتراوح مابين 60ـــ 120سم ، وقد تعمل المياه الجارية على تعرية الطبقات العليا من التربة، كما تتكون التربة ببطيء لقلة المياه المتسربة داخل التربة ولذلك لاتكون التربة عميقة في مثل تلك المناطق.[28]

ثانيا- خصائص التربة:

1- الخصائص الفيزيائية:

أ- نسيج التربة:

يعني نسيج التربة طبيعة ترتيب حبيبات التربة التي تختلف من مكان لاخر اعتمادا على حجم وشكل تلك الحبيبات والتي تتكون من الرمل او الغرين او الطين والحصى ومفتتات الصخور الخشنة والناعمة، إي تكون التربة عبارة عن خليط من تلك المفصولات وبنسب متفاوتة ولهذا تتخذ التربة تسميات مختلفة حسب نسب تلك التكوينات او المفصولات والتي تتباين في أحجامها كما في الجدول رقم (1-2).[29]

جدول رقم(1-2) أحجام مواد او مفصولات التربة.

نوع المادة		حجم المادة بالملم
كتل حجرية كبيرة		اكثر من 200
جلاميد		200 ----60
حصى	خشن	60 ---20
	متوسط	20 ---6
	ناعم	6---2
رمل	خشن	2---0,6
	متوسط	0,6 —0,2
	ناعم	0,2—0,06
غرين	خشن	0,06 --0,02
	متوسط	0,02— 0,006
	ناعم	0,006— 0,002
طين		اقل من 0,002

F.G. Bell, Engineering Properties of Soils and Rocks, Britain 1992 P.4

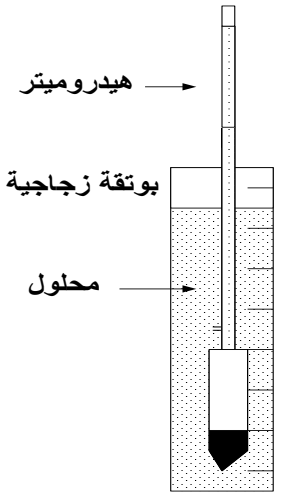
وقد تكون التربة ذات نسيج ناعم او خشن حسب حجم المفصولات ، ولغرض التعرف على نسيج التربة يجري فحصها مختبريا وحقليا وكما يأتي:

1- طريقة النخل:
تستخدم مجموعة من المناخل المعدنية ذات فتحات متباينة تتوافق مع أحجام الحبيبات وتستخدم بطريقتين هي:
أ- النخل الجاف:
تجفف العينة بأفران كهربائية وتكون بمقدار 100غم وتوضع فوق المناخل ومن ثم تهز بواسطة جهاز هزاز او بواسطة اليد ولمدة ساعة، ويوضع اسفل المناخل أناء لجمع المتبقي من عملية النخل ، ويتم عزل المناخل عن بعضها حيث يحجز كل واحد منها الحبيبات التي حجمها اكبر من فتحاته والسماح بالتي هي اصغر بالمرور الى الذي يليه، أي تحجز المناخل الاولية الأحجام الكبيرة في البداية ثم الأقل منها, حتى تبقى الناعمة في الأخر التي لايمكن فصلها بواسطة المناخل كالغرين والطين والرمل الناعم جدا، وبعد جمع ما يحجزه كل منخل يتم وزنها لمعرفة نسبتها من الوزن الكلي للعينة.

ب-النخل بالماء:
تعد هذه العملية اكثر دقة من الأولى ولو أنها تحتاج الى وقت اكثر وهي نفس الفكرة السابقةالاانه يستخدم الماء العذب لفصل الحبيبات عن بعضها وغسلها جيد آمن خلال تسليط تلك المياه بقوة على العينة بواسطة صنبور من الأعلى واستخدام جهاز هزاز لتحريك العينة او بواسطة اليد، وبعد ذلك يتم عزل الرواسب المتجمعة فوق كل منخل وتجفيفها ووزنها لمعرفة نسبتها من العينة.

2- جهاز الهيدروميتر:
يستخدم هذا الجهاز لفصل الحبيبات الصغيرة جدا التي لا يزيد قطرها عن 0,1 ملم حيث توضع العينة في فرن درجة حرارته(110 ْ م) للتخلص من المواد العضوية التي تتضمنها العينة ، اذ تكون العينة معلومة الوزن 100 او 50 غرام ، كما تعامل العينة مع محلول كلوريد الكالسيوم, وتوضع العينة في بوتقة زجاجية خاصة سعتها 750ملم^3 تسمى [ارلنيميرErlenmeyer] ويضاف لها 500ملم ماء مقطر و2جرام من مادة الكالجون التي تساعد على فصل وتشتيت الحبيبات عن بعضها، ثم توضع الزجاجة في جهاز هزاز لمدة عشرة ساعات تقريبا او اقل من ذلك حسب طبيعة مكونات العينة. وتستخدم في التحليل مخابر مدرجة سعة كل منها 100 ملم^3، شكل رقم(29-2) اذ يتم تفريغ العينة بحرص وعناية في تلك المخابر التي تملأ بماء مقطر الى ارتفاع 100 ملم وتوضع في حوض زجاجي مائي وفي درجة حرارة 20 ْ م، وتستخدم قائمة توضح زمن بداية الترسيب وأوقات القراءة وقيمها وتصحيحها، ويتم تحريك العينة في تلك المخابر تحريكا جيدا بواسطة عصا زجاجية حتى تبقى الحبيبات عالقة في الماء بصورة متناسقة، ومن ثم يوضع الهيدروميتر في المخابر وتجري القراءات بعد وضعه بدقيقة ودقيقتين وخمسة دقائق، ويجب التأكد من عدم ملامسة الهيدروميتر لجدران المخبار وانه يتحرك بحرية بداخله، وتبقى الهيدروميترات في المخابر خلال الساعة الأولى ثم تستبعد بعد ذلك بعناية دون أحداث اضطرابات في الماء الذي يتضمن العينة ، ثم تعاد مرة أخرى قبل القراءة التالية بفترة وجيزة لتفادي ترسيب المواد على الدقيقة على الهيدروميتر، وقد يستغرق التحليل يومين او ثلاث اذا كانت نسبة الذرات الصلصالية كثيرة.
ويمكن استخدام ستة عينات في وقت واحد واستخدام ستة مخابر أيضا مع ملاحظة الفارق الزمني بين قراءة هيدروميتر واخر بين ثلاثة وستة دقائق.[30]

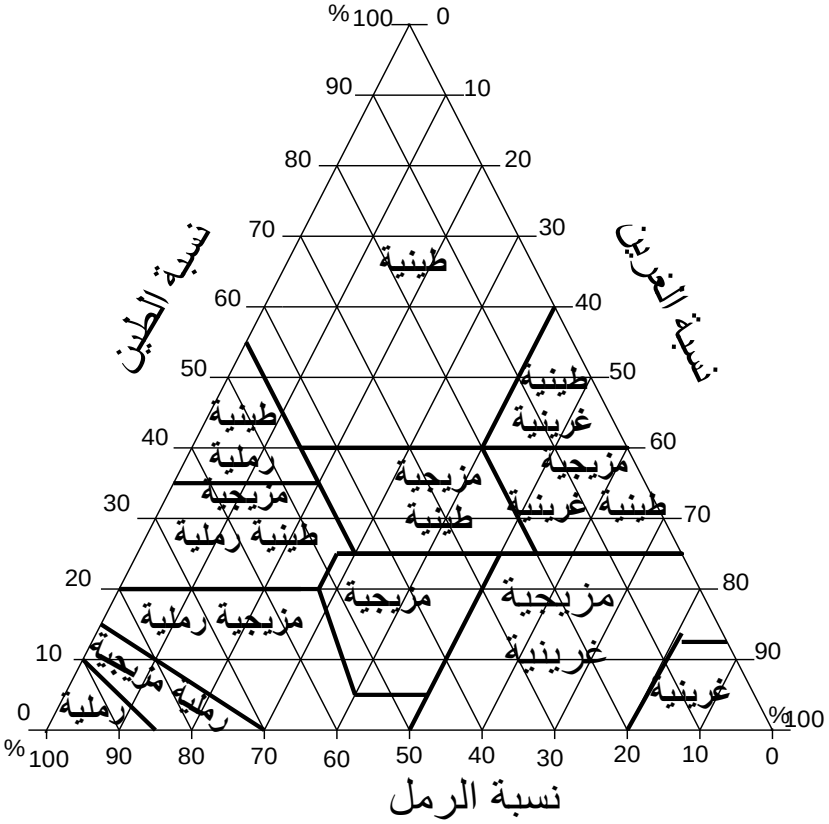
شكل رقم(2- 29) جهاز تحليل التربة



3- مثلث النسجة:

يستخدم مثلث النسجة في تصنيف التربة اعتمادا على المكونات الرئيسية للتربة وهي الرمل والغرين والطين، اذ يمثل كل ضلع من أضلاع المثلث أحد تلك المكونات ويعبر عن النسبة المئوية التي يسهم فيها كل نوع في تكون التربة، شكل رقم(2- 30) فتظهر انواع متباينة الخصائص ناتجة عن مزج تلك المكونات مع بعضها وبنسب متباينة تم تقسيم المثلث على أساسها الى (12) نوع يعبر كل واحد منها عن نوع متميز من التربة، وفي بعض الدول تصنف الى اكثر او اقل من ذلك، وتم تقسيم المثلث على هذا الأساس، وبناءا على ذلك استطاع علماء التربة تصنيفها الى عدة انواع .

شكل رقم(30) مثلث نسجة التربة



وتحتاج هذه العملية الى تحليل عينات التربة لمعرفة نوعها حسب مكوناتها وتسمى بأسماء مركبة بحيث تبدأ التسمية بالمادة الأقل نسبة، على سبيل المثال عينة تتكون من رمل بنسبة70% وطين28% تسمى طينية رملية Sandclay.[31] وتصنف التربة حسب طبيعة نسجتها الى عدة انواع كما موضح في الشكل رقم(30-2) منها مايأتي:

1- تربة رملية وتكون نسبة الرمل عالية اكثر من 85% والطين حوالي 10% والباقي غرين.
2- تربة غرينية نسبة الغرين 90% واقل من 10% رمل والباقي طين.
3- تربة طينية نسبة الطين اكثر من 40% واقل من 45% رمل والباقي غرين.
4- تربة مزيجية تتكون من 40– 50% رمل و25–30% طين والباقي غرين.
5- تربة رملية مزيجية ترتفع فيها نسبة الرمل الى 70% والباقي 10–20% طين والباقي غرين .
6- تربة مزيجية رملية تنخفض فيها نسبة الرمل الى 50% ونسبة الطين الى حوالي 20% والغرين حوالي 30%.
7- تربة مزيجية طينية وتتكون من حوالي30 % طين ومابين 20–30% رمل والباقي غرين.
8- تربة مزيجية طينية رملية تتضمن حوالي45% رمل ومابين20–35% طين والباقي غرين.
9- تربة مزيجية غرينية تحتوي على حوالي 70% غرين والباقي رمل وطين.

10- تربة مزيجية طينية غرينية تتكون من حوالي 60% غرين و20% طين والباقي رمل.
11- تربة طينية رملية تحتوي على حوالي 45% طين و 35% رمل والباقي غرين.
12 تربة طينية غرينية وتتضمن 60% غرين و40% طين.

3- التحليل الحقلي المباشر:
ان التعرف على نوع التربة حقليا يحتاج الى متخصص بالتربة الذي يستطيع من خلال ترطيب عينة التربة ولمسها باليد جيدا من تشخيص عدد من الخصائص التي توضح كل نوع من انواع التربة الرئيسية عن بعضها, مثل الخشونة والنعومة والتفتت والتماسك واللزوجة والالتصاق، ويكون ذلك على نطاق عام وليست بشكل دقيق وكما يأتي:
أ- التربة الرملية خشنة الملمس والحبيبات مفككة وضعيفة التماسك ، كما أنها لا تترك آثارا على الأصابع التي تلمسها.
ب- التربة الغرينية وتكون ذات ملمس حريري وقابليتها على التماسك ضعيفة ويمكن تحويلها الى كرات وتترك اثار على الأصابع التي تلمسها.
ج- التربة الطينية ذات ليونة عالية وتترك اثار على الأصابع التي تلمسها ويمكن عمل أشكال مختلفة منها كروية وجبلية واواني فخارية مختلفة.[32]

ب- مسامية التربة:

تعني المسامية ما تتضمنه التربة من فراغات بأشكال متباينة حسب حجم وشكل الحبيبات التي تتكون منها التربة، اذ تكون عالية في الترب التي تكون حبيباتها دائرية ومتماثلة في الحجم في حين تكون واطئة في التربة ذات الحبيبات المختلفة الشكل والحجم، أي تمثل المسامية مجموع حجم الفراغان الهوائية التي توجد في التربة، فعلى سبيل المثال عينة من التربة حجمها 100سم^3 تتكون من 60سم^3 مواد صلبة و40سم^3 فراغات هوائية، والتي تمثل 40% من حجم العينة.
وتختلف المسامية من حيث المقدار والحجم باختلاف نوع التربة حيث تكون التربة الرملية اقل مقدارا في المسامية من التربة الطينية الا ان حجم المسامات اكبر مما في الطينية لذا تكون نفاذية الرملية أعلى من الطينية .[33] كما تكون التربة العضوية عالية المسامية وتصل الى اكثرمن 70% ويعتمد ذلك على ما تحتويه التربة من مواد عضوية حيث تزداد المسامية بزيادة نسبتها، وتتباين المسامية في التربة الطينية والغرينية حسب طبيعة ترسيبها وما تتعرض له من ضغط, وعلى العموم تقل بالاتجاه نحو العمق لزيادة الضغط على الطبقات السفلية لذا يزداد تماسكها اكثر من العلوية.
والمسامية على نوعين شعرية وغير شعرية الشعرية تكون دقيقة جدا لذا تكون ضعيفة النفاذية، اما غير الشعرية تكون أوسع وتتمثل بما تتضمنه التربة من حفر وشقوق لاعلاقة لها بطبيعة تكوين التربة والتي تجعل التربة عالية النفاذية.
وتقاس نسبة المسامية من خلال العلاقة مع حجم العينة وفق المعادلة الآتية:

$$م = \frac{ع}{ح} \times 100$$

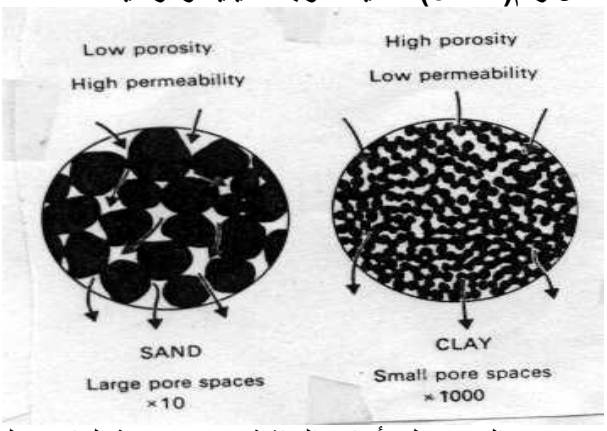
ع. حجم المسامات
ح. حجم العينة

ويمكن قياس حجم او مقدار المسامية في عينة التربة بعدة طرق ومن ابسطها أخذ وعاءين من نوع واحد أي متساويين في الحجم وتوضع فيهما عينات متساوية من التربة أحدهما تبقى جافة والأخرى يضاف لها ماء حتى تتشبع تماما بحيث تمتلاء جميع الفراغان التي تتضمنها تلك العينة، ثم توزن العينتان الجافة والرطبة, فتكون الأخيرة اكبر وزنا من الجافة ويمثل الفرق في الوزن بينها حجم المسامية.

ج- النفاذية:

تعني النفاذية قابلية الماء على الحركة خلال مسامات التربة والتي تختلف من تربة لأخرى حيث لا تعتمد على المسامية فقط بل تعتمدعلىاحجام وأشكال الفراغان وكمية المياه المارة فيها، فعلى سبيل المثال التربة الطينية اكثر مسامية من الرملية الا ان الرملية اكثر نفاذية من الطينية لكبر حجم مساماتها التي تسمح للماء بالتحرك من خلالها بسرعة، في حين تعرقل المسامات الصغيرة حركة الماء لما ينتج عن ذلك من احتكاك بالحبيبات وكثرة المسامات التي يمر خلالها للانتقال من مكان لاخر، وهذا ما موضح في ، شكل رقم(2- 31).

شكل رقم(2- 31) نفاذية الترب الطينية والرملية



وتصنف الترب على أساس النفاذية حسب سرعة الماء خلالها حيث تكون عالية النفاذية اذا كانت سرعة الماء 25 سم فاكثر في الساعة، ومتوسطة النفاذية اذا كانت سرعة الماء مابين 6- 12 سم/ ساعة، وضعيفة النفاذية اقل من ذلك.[43]

ويمكن ملاحظة التباين في النفاذية من الجدول رقم (2 -2)

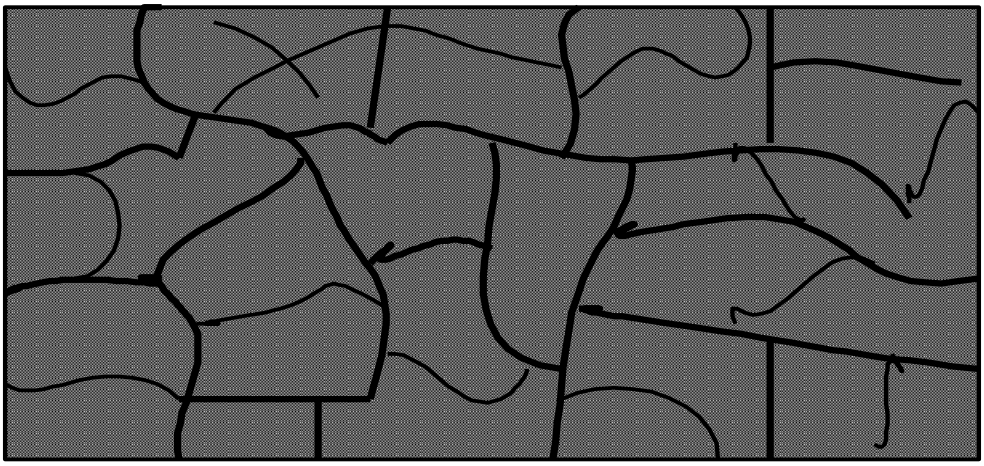
جدول رقم (2-2) مقدار نفاذية مكونات التربة.

اسم المادة	معدل النفاذية م/ يوم
الغرين	اقل من 05و0
الطين	05و0— 5و0
الرمل الطيني	5و0--- 1
الرمل الناعم	1 – 5
الرمل المتوسط	5 --- 20
الرمل الخشن	20--- 50
الحصى	50—150
الجلاميد	100--- 1000

وتقاس نفاذية التربة بعدة طرق حسابية ومختبريه وحقلية, و تعد الأخيرة افضل من غيرها لانها توضح النفاذية بحالتها الطبيعية دون تشويه ومن خلال حفر أبار على أبعاد متساوية ويتوسطها بئر رئيسي، فعند ضخ المياه منه تتحرك المياه من الآبار الجانبية نحوه ويستغرق ذلك زمن معين حسب طبيعة التكوينات التي يمر بها الماء حيث يستغرق زمن قصير في التكوينات ذات النفاذية العالية وزمن طويل اذا كانت قليلة النفاذية.[35]
ويعد ذلك مؤشر على مدى تماسك التربة حسب نوع الحبيبات المكونة لها والمواد اللاصقة التي تسمى في بعض الأحيان الغرويات او المواد الأسمنتية التي تعمل على جمع الحبيبات، وهي على نوعين عضوية ومعدنية ولذلك يكون بناء التربة في المناطق الشبه الجافة وشبه الرطبة جيدا لاحتواء التربة على مواد عضوية ومعدنية،في حين تكون مرتفعة في المناطق الرطبة ومنخفضة في المناطق الصحراوية فتقل جودة التربة.
وللمسامية النفاذية أهمية كبيرة في الانشطة المختلفة، حيث تعد ذات أهمية كبيرة بالنسبة للزراعة في حين تمثل كثرتها مشكلة بالنسبة للمشاريع العمرانية لما يترتب عليها من مشاكل سيتم تناولها في فصول لاحقة.

د- انكماش التربة:
تحدث هذه الظاهرة في التربة المبللة عندما تفقد رطوبتها اذ تتعرض حبيبات التربة لقوى الضغط الناتجة عن الشد السطحي للمياه المتواجدة في المسامات ، اذ يؤدي خروج تلك المياه من بين حبيبات التربة الى ترك فراغات ولقلة تماسك الحبيبات الموجودة حولها لذا تتحرك نحوها لتحل محل الماء وتسد تلك الفراغان، فيترتب على ذلك تقليل سمك التربة وزيادة تماسكها ومن ثم زيادة صلابتها عندما تجف ويتغير لونها من الغامق الى الفاتح.[36]
وقد تتعرض بعض الترب الطينية في كثير من الأحيان الى التشقق فتتحول الى كتل مستقلة عن بعضها، شكل رقم (2- 32). وتعد التربة الطينية الصفيحية من اكثر انواع الترب تعرضا لتلك الظاهرة والتي تعد من المشاكل التي تواجه استغلالها في مجالات عدة.

شكل رقم(2- 32) تشقق الترب الطينية



1- الخصائص الكيميائية للتربة:

أ- حامضية التربة:
تعني حامضية التربة مدى احتوائها على أيونات الهيدروجين والهيدروكسيد [PH]، اذ تكون التربة حامضية او متعادلة أو قلوية اعتمادا على نسبة الهيدروجين والتي تعود الى نوع الصخور التي اشتقت منها التربة وما تحتويه من رطوبة وطبيعة تركيبها الكيميائي, حيث تكون التربة حامضية اذا كانت درجة [PH] مابين 4— 6،5 ومتعادلة عندما تكون مابين 6،6--- 7،3 وقلوية او قاعدية ما بين 7،4 --- 10، أي تكون التربة حامضية اذا ازدادت نسبة أيونات الهيدروجين على أيونات الهيدروكسيد، وتكون قاعدية اذا حدث العكس.
وتعد حامضية التربة او قلويتها ذات أهمية كبيرة في إنتاجية التربة، اذ تكون التربة المتعادلة افضل أنواعها ثم تليها القلوية او القاعدية، في حين تعد الحامضية اقل أهمية لذا تقوم الدول المهتمة بالزراعة بإضافة تربة جيرية الى الحامضية لرفع درجة قلويتها.
ومن الجدير بالذكر ان حموضة التربة تختلف من مكان لاخر ضمن المزرعة الواحدة لذا يفضل قياس عدة مواقع في المزرعة الواحدة بواسطة جهاز مصمم لهذا الغرض ويسمى جهاز[PH].

ب- ملوحة التربة:

تحتوي التربة على أملاح بنسب متفاوتة مثل كوريد الصوديوم والكالسيوم وكبريتاتها وبيكاربوناتها، اذ تؤدي زيادة نسبة الملوحة في التربة الى انخفاض إنتاجيتها، وتنتشر هذه الظاهرة في اغلب الأحيان في المناطق الحارة والجافة نتيجة لتبخر المياه وبقاء الأملاح على السطح فيصبح لونها مائل الى البياض، كما ينتج عن ارتفاع مناسيب المياه الجوفية في التربة ارتفاع نسبة الأملاح وذلك لاذابة ألا ملاح الموجودة في الطبقات تحت السطحية ونقلها الى السطح، ويحدث ذلك في المناطق الواقعة قرب مجاري الانهار والتي تحدث فيها فيضانات بحيث تكون مناسيب المياه أعلى من مستوى الأراضي المجاورة وخاصة السهول الفيضية، فتحدث ظاهرة النزيز(Seepage)، أي تسرب المياه من النهر الى الاراضي المجاورة عن طريق مسامات التربة لذا يكون تأثير هذه

الظاهرة كبيرا في المناطق التي تكون نفاذية التربة فيها كبيرة، وتؤدي الى تغير لون التربة حسب نوع الأملاح, وعلى العموم يكون اللون غامق لاختلاف المكونات وعدم اقتصارها على الأملاح فقط.

ويتم قياس ملوحة التربة بطريقة التوصيل الكهربائي[Electric Conductivity (EC)] اذ تكون التربة المالحة جيدة التوصيل للكهرباء وتزداد درجة التوصيل بزيادة نسبة الملوحة ، و تقاس بالمليموز/ سم، فإذا كانت القيمة كبيرة دلت على ان التربة عالية الملوحة، ويمكن ان تصنف الترب حسب درجة الملوحة .[37] جدول رقم(3-2)

جدول رقم (3-2) نوع التربة حسب قيمة الملوحة

قيمة(EC) مليموز/سم	نوع التربة
2------ 4	تربه قليلة الملوحة
4----- 8	تربة متوسطة الملوحة
8----- 15	تربة عالية الملوحة
اكثر من_15	تربة شديدة الملوحة

ثالثا- علاقة خصائص التربة العامة بالنشاط البشري:

ترتبط الانشطة التي يمارسها الانسان اقتصادية و عمرانية بطبيعة التربة وبشكل مباشر ، حيث تعد الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة من الجوانب الاساسية التي تؤخذ بنظر الاعتبار عند ممارسة أي نشاط ، فالنشاط الزراعي يعتمد على خصوبة التربة والتي تتحكم بقدرتها الإنتاجية، فكلما كانت التربة عالية الخصوبة ارتفعت كمية الإنتاج، ويعتمد ذلك على ما تحتويه التربة من مواد عضوية ومعادن، والنباتات تختلف في مطاليبها من المواد التي تحتويها التربة وتتشابه في الحاجة الى بعض المواد والعناصر وهذا ما يؤدي الى اضعاف التربة ويقلل من قدرتها الإنتاجية، مثال ذلك النتروجين والفوسفات تحتاجه جميع النباتات, حيث يساعد الاول على النمو الخضري والثاني على زيادة كمية الثمار، وعليه يجب المحافظة على خصوبة التربة من خلال نظام الدورات الزراعية ويعتمد ذلك على نظام الري وطبيعة المناخ السائد، فضلا عن استخدام الأسمدة وخاصة العضوية ، كما يجب معرفة طبيعة التركيب الكيميائي للتربة وما تتضمنه من أملاح وحموضة تنعكس أثارها على إنتاجيتها، والتي تتطلب معالجة من خلال القيام ببعض الإجراءات للحد من تلك المشاكل مثل حفر قنوات البزل لتصريف المياه الزائدة من الاراضي وعدم السماح لارتفاع مناسيبها في التربة

فتزداد ملوحتها، اما في الترب الحامضية تضاف تربة كلسية لتقليل الحامضية وزيادة القاعدية فتتحسن خواص التربة، وتعد التربة المزيجية من افضل انواع الترب للأغراض الزراعية ، في حين تعد من الترب الرديئة بالنسبة للمشاريع الهندسية لانها ضعيفة التحمل، وعكس ذلك الترب الطينية الصلبة فهي صالحة لإنشاء المشاريع الهندسية ولكن قليلة الأهمية في المجال الزراعي لعدم قدرة النبات على النمو فيها وخاصة ذات الجذور الشعيرية وذلك لشدة تماسكها وقلة مسا ميتها، ولغرض استغلالها يمكن تقليل صلابتها من خلال مزجها بالرمل أو سماد عضوي.

وتحتاج الزراعة الى تربة سميكة تسمح لجذور النبات بالتغلغل خلالها في حين تفضل المشاريع الهندسية الترب الضحلة التي تقع تحتها طبقات صخرية لانها اكثر قدرة على تحمل ثقل المنشآت التي تقام فوقها.اما الترب المالحة فهي ذات مضار على الزراعة والأبنية والمنشآت المختلفة ، وهذا سيتم تناوله في المواضيع اللاحقة.

مراجع الفصل الثاني

1- د. سهل السنوي ود. يحيى الراوي ود. احمد النجدي ود. محمد سوادي ود. نصير الأنصاري؛ الجيولوجيا العامة, جامعة بغداد, العراق ص 87

2- د. إبراهيم عبيدو؛ الجيولوجيا الهندسية والخرائط الجيولوجية، منشأة المعارف ألا سكندرية ، 1969 ص57.

3- د. جودة حسنين جودة؛ معالم سطح الارض، دار المعرفة الجامعية ألا سكندرية بدون تاريخ نشر، ص 111 .

4- د. حسن حميدة؛ الجيولوجيا التطبيقية للهندسة المدنية، دار الراتب الجامعية ، بيروت 1989 ص 98.

5- عبدالاله رزقي كربل؛ علم الاشكال الارضية، مطبعة جامعة البصرة العراق1986، ص 68.

6- د. حسن حميدة؛ الجيولوجيا التطبيقية للهندسة المدنية، مصدر سابق، ص 106—108 .

7- د. جودة حسنين جودة؛ معالم سطح الارض، مصدر سابق، ص147.

8- د. احمد فوزي يوسف؛ البيدلوجي نشأة ومورفولوجية وتقسيم الاراضي, مطابع جامعة الملك سعود, الرياض 1987 ص 55

9- عبدالاله رزقي كربل؛ علم الاشكال الارضية، مصدر سابق ص 308.

10- د. زهير رمو فتوحي؛ الجيولوجيا الهندسية والتحري الموقعي، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، العراق، 1990ص35.

11-د. محمود توفيق سالم؛ أساسيات الجيولوجيا الهندسية، دار الراتب الجامعية، بيروت، 1989ص53.

12- المصدر السابق؛ ص 55—56.

13- المصدر السابق؛ ص 38.

14- د. محمد يوسف ود. عمر حسن ود. عدنان النقاش؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مركز الكتب الأردني ، عمان، 1990ص 137.

15- د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ كوكب الارض، مظاهره التضاريسية الكبرى، مؤسسة الثقافة الجامعية ألا سكندرية، 1996ص237.

16- د. محمد يوسف واخرون؛ أساسيات علم الجيولوجيا، مصدر سابق ص130.

17- د, حسن سيد احمد أبو العينين؛ كوكب الأرض، مصدر سابق، ص 240.

18- د. إبراهيم عبيدو؛ الجيولوجيا الهندسية ، مصدر سابق ص57.

19- F .G. Bell;Engineering Properties of soil and Rocks, third Edition, Genesis typer setting, great Britation,1992,P.162

20- د. محمد سامي عسل؛ الجغرافيا الطبيعية, ج1, مكتبة ألا نجلو المصرية, 1984ص332.

21- د. حسن رمضان سلامة؛ مظاهر الضعف الصخري واثارها الجيومورفولوجية, مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية, جامعة الكويت عدد 35 سنة 1983, ص30.

22- د. احمد فوزي يوسف؛ البيد لوجي نشأة ومورفولوجية وتقسيم الاراضي, مصدر سابق ص76- 79.

23- د. محمد علي بركات؛ مواد البناء واختباراتها القياسية, دار الراتب الجامعية, ألا سكندرية 1990ص 75.

24 - د.إبراهيم زيادي؛ مبادئ الخرائط والمساحة , دار المعرفة الجامعية ألا سكندرية, 1997, ص103.

25- د. إبراهيم شريف ؛ جغرافية التربة, مطبعة جامعة بغداد, 1983. ص 38-39.
26- Charles W.harris, Nicholas T.Dines; Time-saver standarad, for land scape Architecture,Design and construction Data. Second Edition, Mc Graw- Hillpublishing company, Newyork 1998.P810-2.
27- د. حسن حميدة؛ الجيولوجيا التطبيقية للهندسة المدنية, مصدر سابق, ص440.
28- المصدر السابق, ص147.
29- F .G. Bell;Engineering Properties of soil and Rocks ,opcit. P.4.
30- د. جودت حسنين جودت؛ الجيومورفولوجيا, علم شكل الارض, دار المعرفة الجامعية, ألا سكندرية 1996, ص 617-618.
31- Charles W.harris, Nicholas T.Dines; Time-saver standarad, for land scape Architecture. Opcit, p.810-3

32- د. إبراهيم شريف ؛ جغرافية التربة, مصدر سابق, ص84-85.
33- Darrel and Valerie Weyman; Land scape processes, an introduction to geomorphology, printed offset litho in Great Britain, 1983, p.13.
34– د. محي الدين بنانة ؛ الجيولوجيا التطبيقية, معهد الإنماء العربي, دمشق 1988,ص 167.
35-د. أسامه مصطفى الشايعي؛ ميكانيكا التربة, أساسيات وخواص التربة, ج1, دار الراتب الجامعية,ألا سكندرية,1988, ص 61.
36 - أد ورد جي تاربوك, فريدريك ك. لوتجنز؛ الارض مقدمة للجيولوجيا الطبيعية, ترجمة د. عمر سلمان , د. البهلول اليعقوبي, د.مصطفى جمعه سالم, مطبعة الجا مالطا, 1984,ص176.
37- د. محمد محمود إبراهيم الديب؛ جغرافية الزراعة, تحليل في التنظيم المكاني, مكتبة ألا نجلو المصرية1995, ص 291-292.

الفصل الثالث

الانحدارات .....
دراسة مورفومترية تطبيقية

يعني الانحدار انحراف أو ميل الارض عن المستوى الأفقي، حيث يكون الانحدار كبيرا كلما زاد الميل او الانحراف.
وتعد الانحدارات ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجغرافية عامة والجيومورفولوجية خاصة, حيث تمثل أحد عناصر مظاهر السطح التي يتم تحليلها باستخدام اساليب قياسية وتحليلية لانها ذات علاقة وطيدة بالنشاط البشري بأشكاله المختلفة كالعمران والطرق والجسور ومشاريع الري والخزن وغير ذلك، حيث يعتمد اقامة أي مشروع على طبيعة الانحدار وشدته وستقراره والعمليات
الجيومورفولوجية التي تتعرض لها تلك السفوح, وهذا ما دفع بالجيومورفولوجيين الى دراسة السفوح من جوانب عديدة منها ما يأتي:
1- أجراء دراسات مورفومترية لقياس أبعاد المنحدرات من ارتفاع وامتداد ودرجة انحدار، ويمكن الاستعانة بخرائط كنتورية ذات مقياس كبير 1/ 5000 او 1/ 10000 بحيث تظهر عناصر المنحدر الاساسية في مثل تلك الخرائط بوضوح كالمسافة الرأسية والأفقية.
2- تحديد نوع السفح وطبيعة تكويناته من تربة وصخور وما تتضمنه من تراكيب أولية وثانوية وعلاقة ذلك بالتغيرات التي تشهدها تلك السفوح, ويمكن الاستفادة من الصور الجوية ان توفرت في التعرف على تلك التغيرات ضمن فترة زمنية معينة حسب تاريخ توفر الصور.
3- تحديد المواضع المستقرة وغير المستقرة والأسباب التي ادت الى ثباتها كليا او جزئيا وهل يعود الى صلابة التكوينات أو لوجود غطاء نباتي او لتدخل الانسان، وكذلك الحال بالنسبة لعدم

ثبات السفوح هل يعود إلى عمليات التعرية أم التجوية او الانهيارات او طبيعة ميل الطبقات الصخرية وتركيبها المعدني.
4- الوضع الهيدرولوجي في السفوح ومدى تـأثيرها عليها سواء كانت السطحية ام الجوفية.
5- طبيعة المناخ السائد ومدى تأثير عناصره المختلفة على السفوح والتعرف على اكثر العناصر تأثيرا والجهة المتأثرة وقوة التأثير.
6- قياس التغيرات التي تعرضت لها السفوح وتحليل الوضع والشكل الذي كانت عليه وما هي عليه ألان، حيث تتغير من منتظم إلى غير منتظم ومن محدب الى مقعر ومن معتدل الى شديد.
7- تحديد المواضع التي يمكن استغلالها حسب النشاط الذي يحتاج الى استغلال السفوح لعدم توفر إمكانات متاحة للتوسع كالزراعة والعمران والطرق وغيرها . وسيتم تناول ذلك في الفصول القادمة.
وفي هذا المجال سوف تتركز الدراسة على العناصر الاساسية للمنحدرات والتي تشمل انواع الانحدارات وقياسها والمشاكل التي تتعرض والسبل الكفيلة لمعالجة بعضها ودراسة تطبيقية ميدانية.

المبحث الأول: أنواع الانحدارات.

تصنف المنحدرات على أساسين هما درجة انحدارها وشكلها وكما يأتي:

أولا- أنواع الانحدارات حسب درجة الانحدار:
تصنف الانحدارات حسب درجة الانحدار الى مايأتي:

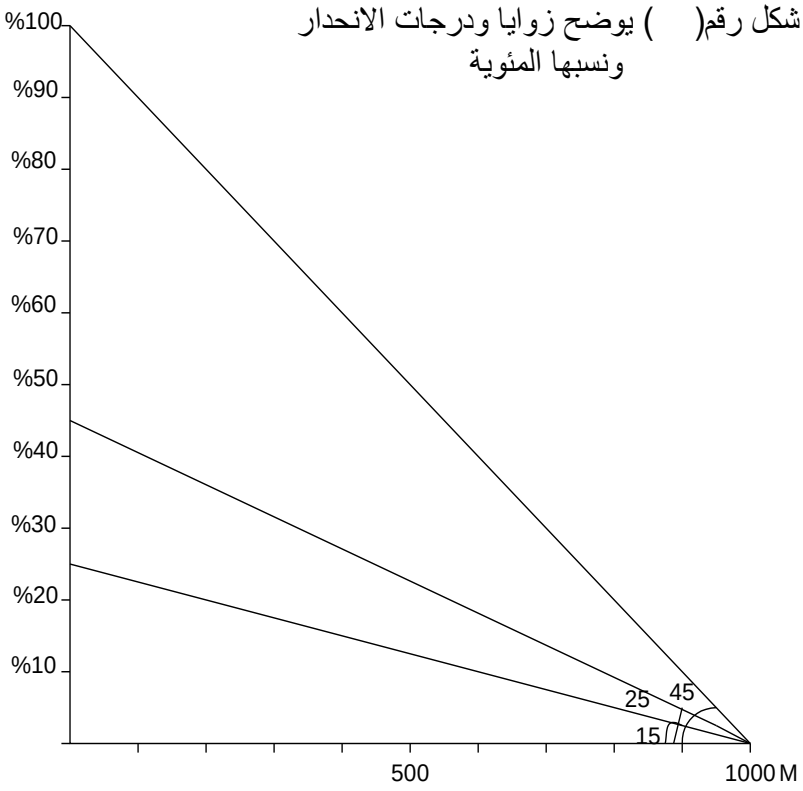
1- انحدار بسيط أو خفيف.
ويشمل المناطق ذات الميل البطيء التي تتباعد فيها الخطوط الكنتورية عن بعضها لسعة المسافة الافقية بين خط واخر، ويشمل الانحدارات التي تتراوح درجاتها مابين [1ْ--- 15ْ] ، اي ما بين [1% و 27%] وتعد تلك المنحدرات من اصلح السفوح للأنشطة المختلفة.

2- انحدار معتدل او متوسط:
يكون هذا النوع من المنحدرات اكثر ميلا من النوع السابق, حيث تتقارب الخطوط الكنتورية من بعضها اكثر مما في النوع الاول, وتشمل الانحدارات التي تتراوح درجاتها مابين [15ْ ـــ 25ْ] ، أي التي نسبها ما بين[27% و 47%] تقريبا، وتعد اقل أهمية من النوع السابق في مجال استغلالها للأغراض المختلفة.

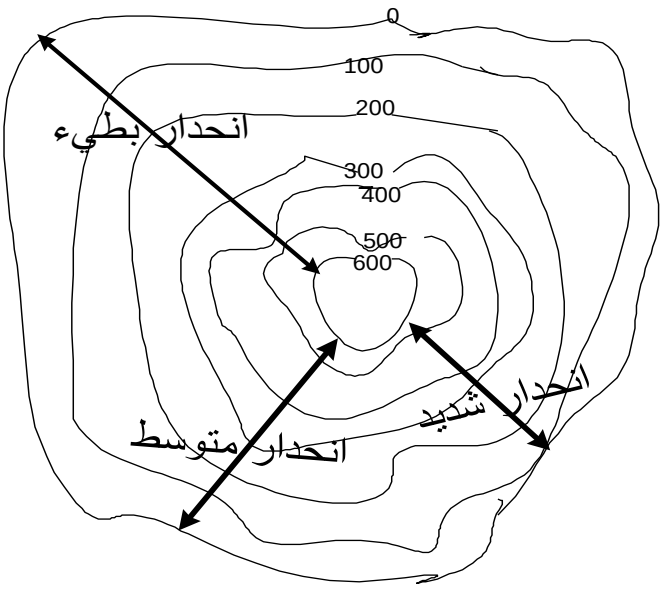
3- انحدار شديد:
يشمل المنحدرات الشديدة الميل التي تقترب فيها الخطوط الكنتورية من بعضها جدا لصغر المسافة الافقية بينها، وتكون درجة انحدارها ما بين[25 ـــ45ْ] والتي نسبتها ما بين[47% و100%]، ويواجه استغلال تلك السفوح مشاكل عديدة لشدة الانحدار وعدم استقرار بعض السفوح.[1] شكل رقم(1-3) زوايا ودرجات الانحدار، والشكل رقم(2-3) الانحدارات حسب الخطوط الكنتورية.

شكل رقم(1-3)

شكل رقم( ) يوضح زوايا ودرجات الانحدار ونسبها المئوية



شكل رقم(3- 2) الانحدارات حسب توزيع الخطوط الكنتورية



وتتخذ الانحدارات تسميان حسب درجة انحدارها وكما موضح في الجدول رقم(1-3).[2]

جدول رقم(1-3) صفة الانحدار حسب مقدار الزاوية

قيمة الزاوية	صفة المنحدر
اكثر من45	جرفيه
45—30	شديدة الانحدار
30—18	منحدرة جدا
18 --10	متوسطة الانحدار
10 --5	قليلة الانحدار
5 --2	انحدار طفيف
اقل من 2	ارض مستوية

Process and Land form, conceptual frameworks in Geography, p38

ثانيا- أنواع الانحدارات حسب الشكل

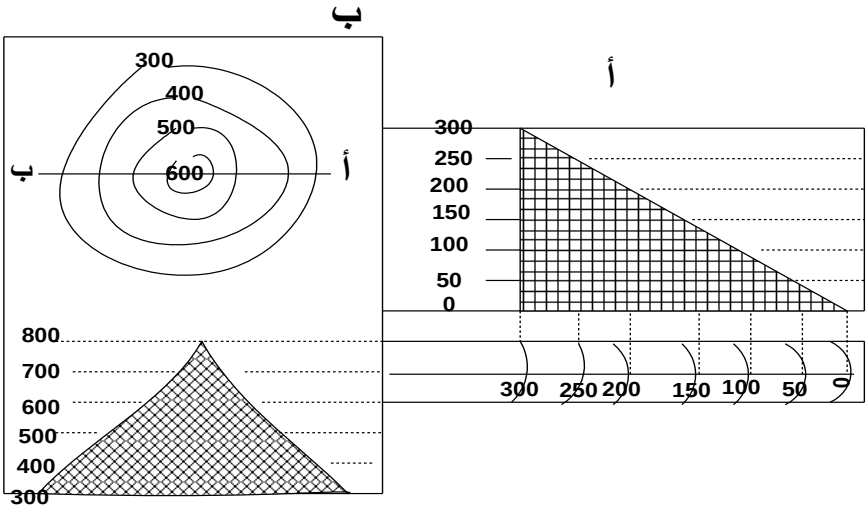
تتخذ الانحدارات أشكال مختلفة حسب العوامل التي أسهمت في تكوينها والعمليات التي تعرضت لها بعد التكوين، ومنها ما يأتي:

1- الانحدارات المنتظمة:

تعني الانحدارات المنتظمة الانحدارات ذات السفوح المستوية الخالية من التحد بات والتقعرات مهما كان ارتفاعها ودرجة انحدارها، لذا تظهر الخطوط الكنتورية التي تمثل تلك السفوح موزعة بشكل منتظم على طول امتدادها، شكل رقم(3- 3أ).

وقد يكون المرتفع منتظم الانحدار على امتداد مقطعه العرضي أي على الجهة الأخرى منه فيظهر السفح منتظم أيضا، شكل رقم(3-3ب).

شكل رقم(3-3) الانحدار المنتظم

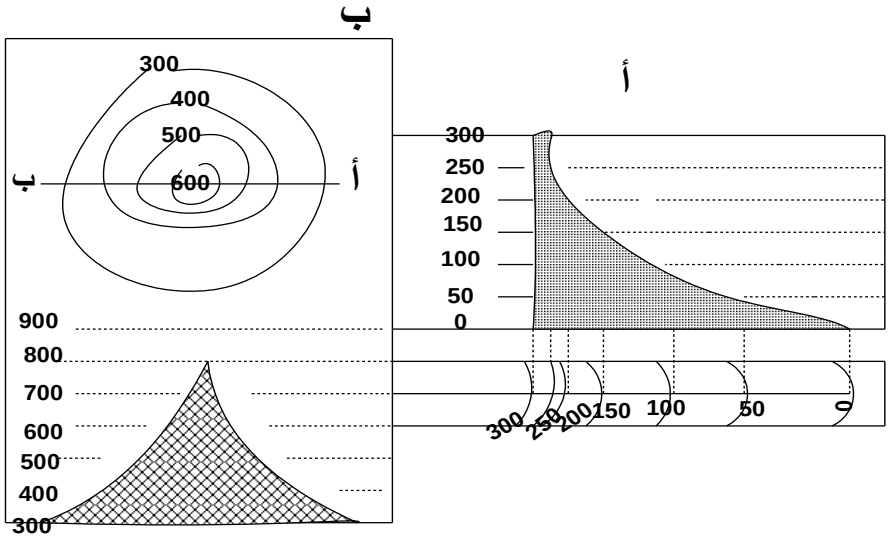


2- الانحدارات المقعرة:

يظهر المنحدر المقعر شديد الانحدار في قمته ومعتدلا في وسطه ونهايته ويكون ذلك واضحا من توزيع الخطوط الكنتورية في الخرائط التي تمثلها حيث تكون متقاربة في القمة ومتباعدة في وسط واسفل السفح وبشكل متدرج، شكل رقم(4-3أ).

وتظهر المرتفعات التي تكون مقعرة السفوح من جهتين متقابلتين مخروطية الشكل، وخاصة المرتفعات التي تتعرض للتعرية الجليدية، شكل رقم(4-3ب).

شكل رقم (4-3) الانحدار المقعر

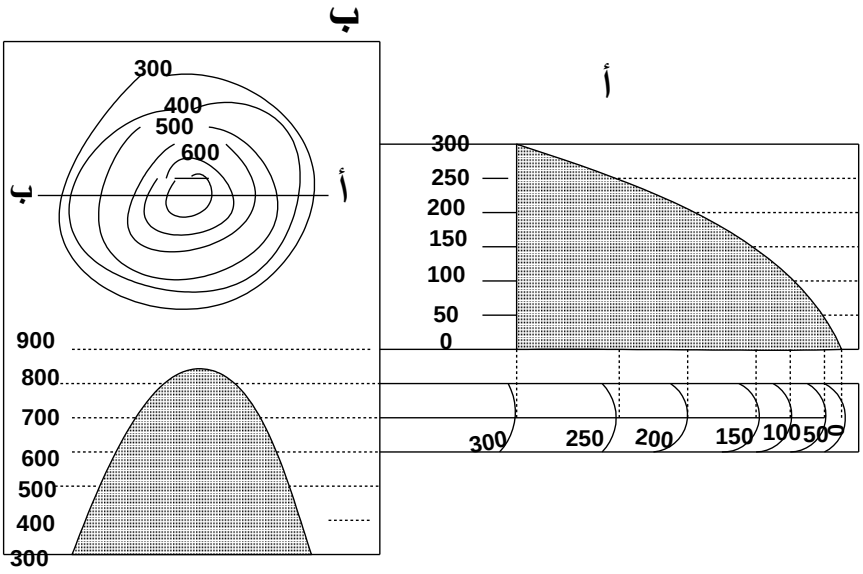


3- الانحدارات المحدبة:

تكون بطيئة الانحدار في قمتها وتزداد شدة في الجزء الواقع تحت القمة لذا تظهر الخطوط الكنتورية متباعدة في القمة ومتقاربة بشكل تدريجي بالاتجاه نحو اسفل المنحدر وبدرجة كبيرة عند اسفل السفح، شكل رقم(3- 5أ).

وقد يظهر المرتفع ذات الانحدارات المحدبة في مقطعه العرضي على شكل قبة لتشابه نوع الانحدار على جهتي المنحدر، شكل رقم (5-3ب).

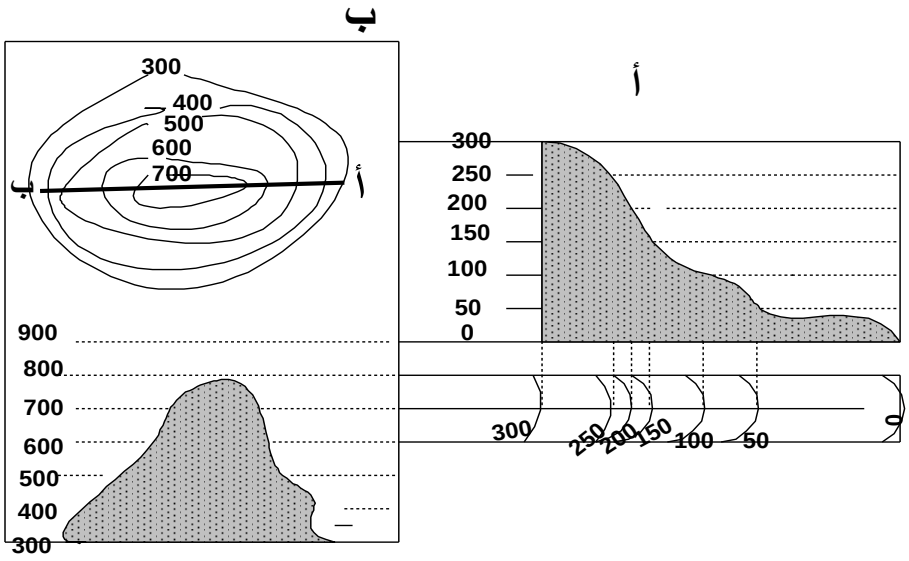
شكل رقم(5-3) الانحدار المحدب



4- الانحدارات غير المنتظمة:

تتخذ بعض الانحدارات شكلا غير منتظم في مقطعه الطولي حيث يتضمن مقاطع محدبة واخرى مقعرة واخرى مستوية، ويظهر البعض منها على سلمي أي تتكون من عدة مستويات متباينة الارتفاع، وعليه تظهر الخطوط الكنتورية في الخرائط التي تمثل تلك السفوح بشكل غير منتظم حيث تتقارب في مواقع وتتباعد في أخرى معبرة عن طبيعة تلك السفوح، شكل رقم(3- 6).[3]

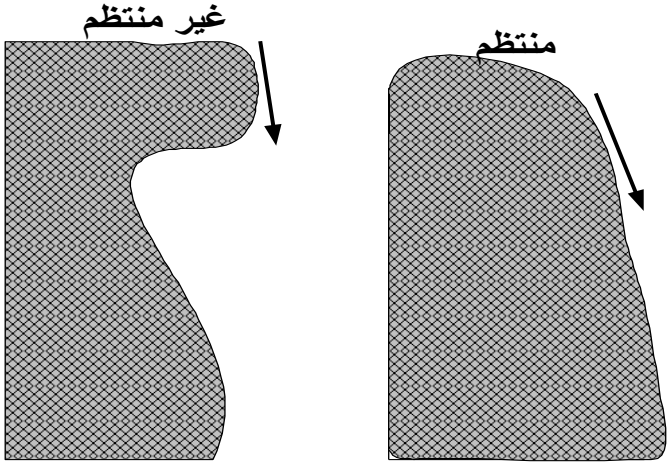
شكل رقم(6-3) الانحدار غير المنتظم



5 - الانحدارات الجرفية:

تشهد السفوح تطورات مختلفة تؤدي إلى تغيير شكلها من وقت لأخر حسب شدة تأثير العوامل المؤثرة، وقد يتحول البعض منها إلى سفوح جرفيه ويصل درجة بعضا إلى 90° ، ويكون بعضها ذات سفوح منتظمة وأخرى غير منتظمة، شكل رقم(7-3) وتظهر تلك السفوح عند سواحل البحار والجبال التي تتعرض إلى عمليات تعرية وتجوية على نطاق واسع، او نتيجة النشاط البشري لغرض تنفيذ مشروع ما يحتاج الى قطع سفوح المرتفعات التي تعترض تنفيذه.

شكل رقم (7-3) الانحدارات الجرفية المنتظمة وغير المنتظمة



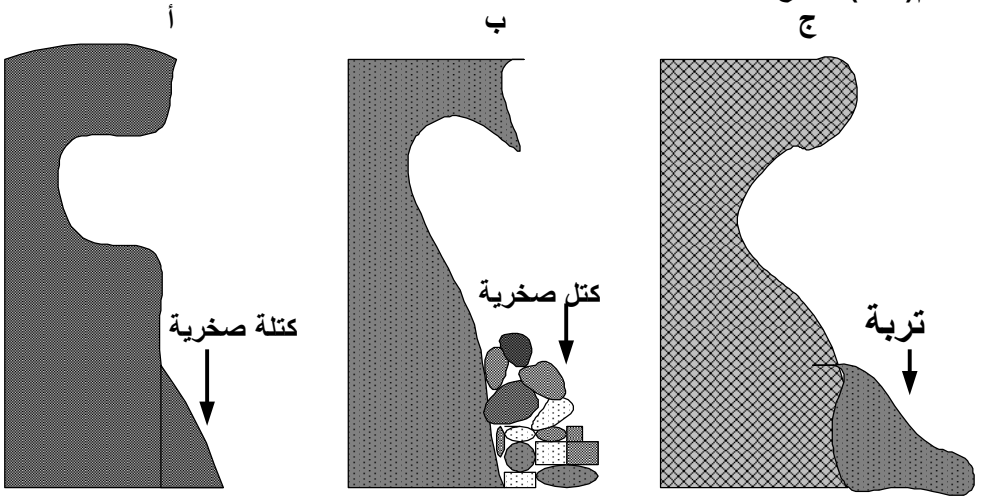
وقد تتكون غير المنتظمة من عدة أقسام متباينة هي:

أ- شرفات الأجراف:
يطلق على الجزء العلوي البارز من السفوح والذي يشرف على الجزء الأوسط والسفلي اسم الشرفة، والتي تختلف من مكان لاخر حسب طبيعة امتداد الطبقات الصخرية وصلابتها وما تتضمنه من فواصل وكسور، شكل رقم(3- 8) وينتشر هذا النوع من الشرفات في السفوح المواجهة للرياح والإمطار بصورة واضحة اكثر من السفوح غير المواجهة. حيث تدفع الرياح بالإمطار والرطوبة الى داخل الشقوق والفواصل والكسور التي تتضمنها الطبقات الصخرية التي تتكون منها السفوح، وتكون الشرفات واضحة في السفوح الجرفية التي تعلوها طبقة صخرية صلبة ترتكز على طبقات اقل صلابة.

ب- تجويف المنحدر:
ويمثل الجزء الثاني من السفوح الجرفية غير المنتظمة حيث يظهر تقوس في المنحدر نحو الداخل وبدرجات متباينة بعضها بدرجة كبيرة متجهة نحو الأعلى والبعض الآخر على شكل نصف دائري منتظم واخرى مستطيلة الشكل، ويرتبط ذلك بنوع مكونات السفوح وطبيعة امتداد الطبقات الصخرية وما تتضمنه من فواصل وكسور والعوامل المؤثرة فيها، وتكون واضحة في المناطق الرطبة وشبه الرطبة اكثر من المناطق الجافة وذلك لنشاط عمليات التجوية والتعرية المائية. شكل رقم(8-3).

ج- أقدام الأجراف:
تتخذ الأجزاء السفلى من السفوح الجرفية أشكالا مختلفة منها ما يأتي:
1- أقدام جرفيه ذات صخور مكشوفة صلبة حيث عملت التعرية على إزالة الطبقات الهشة التي تعلوها، وتظهر على نطاق واسع في السفوح الجرفية التي تتعرض الى زخات مطرية شديدة تعمل على تعرية التكوينات الهشة العليا, شكل رقم(3- 8أ).
2- أقدام جرفيه تتراكم فوقها كتل صخرية ومفتتات تحركت من الأجزاء العليا واستقرت في المواضع التي تسمح طبيعتها بذلك من حيث شدة الانحدار والتكوين, شكل رقم(3- 8ب).
3- أقدام جروف ترابية تكونت بسبب تجمع المفتتات الصخرية الناعمة والأتربة بكميات كبيرة فوقها فتغير من درجة انحدارها حيث تكون اقل مما كانت عليه.[4] شكل رقم(8-3ج).

شكل رقم(3-8) سفوح جرفيه غير منتظمة



6- الانحدارات المتضرسة

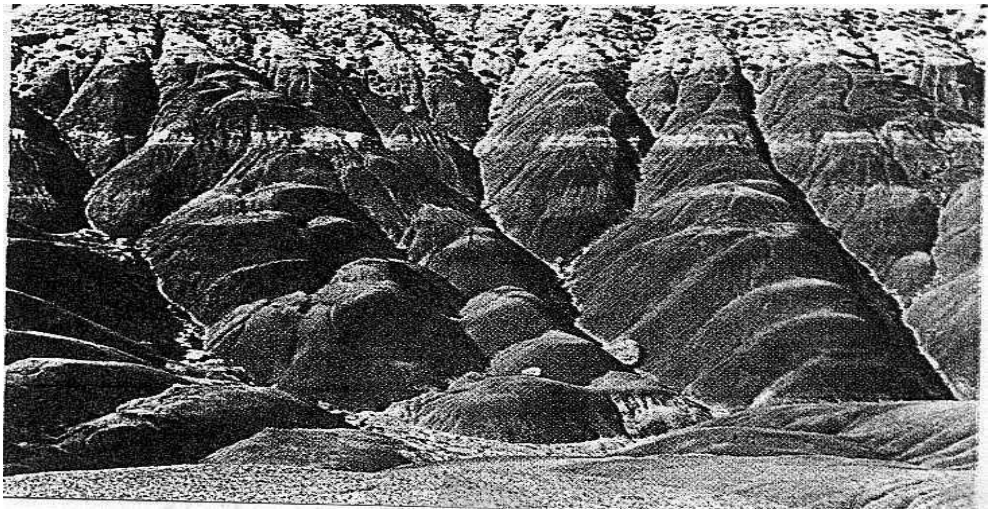
تتخذ بعض انواح السفوح شكلا متضرسا يختلف عن الأنواع السابقة, اذ تكون شديدة التضرس او الوعورة بتأثير المجاري المائية وطبيعة مكوناتها, حيث تعمل تلك المجاري على تقطيع بعض السفوح وتمزيقها الى كتل صغيرة بعضها يشبه الميسا والبعض الآخر يشبه التلال المنفردة ا والسلسلة المتعددة القمم, وتكون صغيرة المساحة ومنخفضة الارتفاع وتفصل بينها المجاري المائية بمختلف مراتبها الرئيسية والثانوية,شكل رقم(9-3أ).

كما يسود نوع أخر في بعض السفوح التي تقطعها مجاري مائية قليلة الروافد بشكل طولي من الأعلى الى الاسفل فتحولها الى كتل طولية صغيرة المساحة وذات جوانب شديدة الانحدار نحو المجاري ومتوازية الامتداد من أعلى السفوح الى أسفلها, شكل رقم(3- 9ب).

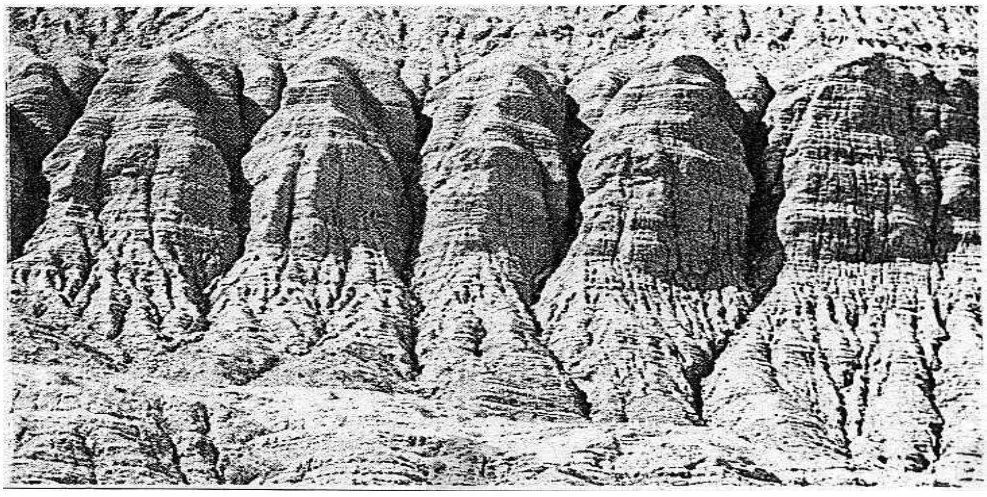
وقد يعترض استغلال تلك السفوح مشاكل كثيرة لعدم استقرارها وتعرضها الى عمليات مختلفة وعدم توفر مساحات واسعة غير متضرسة لاستغلالها في أي نشاط اقتصادي او عمراني.

شكل رقم(3-9) انحدارات متضرسة

أ



ب



المبحث الثاني - قياس الانحدارات:

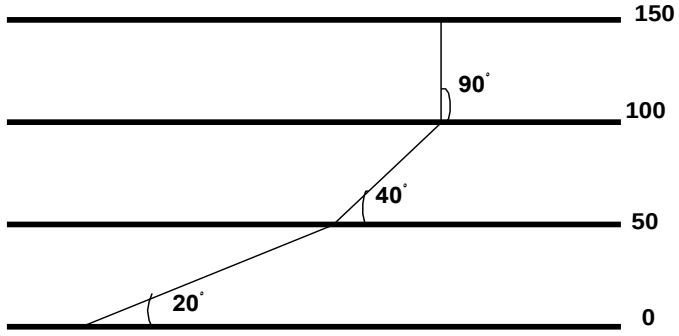
ان قياس العناصر المختلفة للانحدارات يحتاج الى قياس كل من الفاصل الرأسي والمسافة الافقية وفيما يلي توضيح لكل منهما:

أ- الفاصل الرأسي:

وهو الفرق في الارتفاع بين نقطتين تقعان على مستويين مختلفين، او بين خط كنتور وأخر، ويكون مقداره ثابت في الخرائط الكنتورية حسب الوضع التضاريسي لكل منطقة مرتفعة او منخفضة، شديدة الانحداراوبطيئة، ففي المناطق السهلية يكون الفاصل الرأسي مابين 1و2م لعدم وجود تباين كبير بين أجزاءه ارتفاعا او انخفاضا، بينما يكون الفاصل كبيرا في المناطق الجبلية والهضبية ويتراوح مابين5 و50م في التلال والمرتفعات التي تقل عن 1000م، في حين تصل الى اكثر من 100م في المرتفعات التي تزيد عن ذلك.

ب- المسافة الأفقية:
وهي المسافة التي تفصل بين نقطة واخرى على الأرض وخط واخر على الخريطة الكنتورية وتظهر بشكل افقي على الخريطة بينما في الحقيقة تكون مائلة او منحدرة على الطبيعة، وتتباين المسافة الافقية من مكان لاخر حسب شدة الانحدار اذ تكون المسافة قصيرة في الانحدارات الشديدة وطويلة في الانحدارات البطيئة، ويترتب على تباين المسافات تباين الزوايا رغم تساوي المسافات الرأسية حيث تكون قائمة في المنحدرات الشديدة وحادة في المنحدرات البطيئة، شكل رقم(10-3). وقياس كل من الفاصل الرأسي او المسافة الرأسية والمسافة الأفقية يتم بصورة مباشرة وغير مباشرة.

شكل رقم (10-3) تغير الزوايا حسب تغير المسافة الافقية



أولا- طريقة القياس المباشرة.
وتعد الطريقة العلمية والحقيقية في الدراسات الجيومورفولوجية وذلك لقيام الباحث بعملية القياس بنفسه أو الاستعانة بمن لديهم خبرة بذلك فتكون المعلومات على درجة عالية من الدقة وباستخدام المعدات والأجهزة الحديثة، وسيتم تناول قياس كل عنصر على حده وكما يأتي:

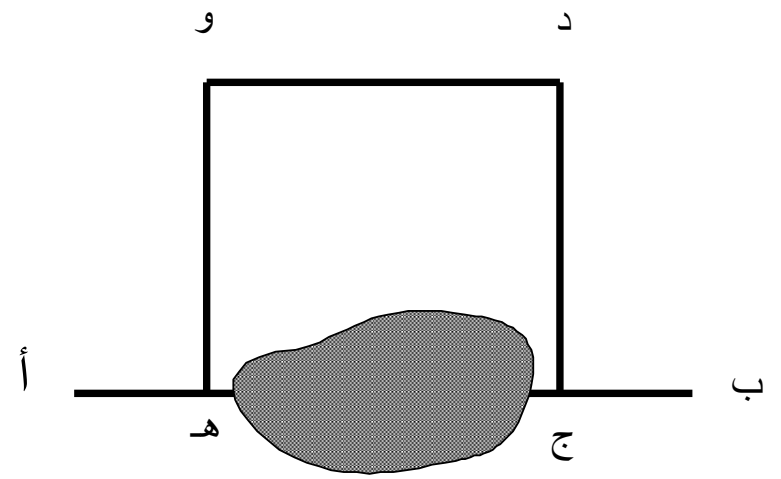
1- **قياس المسافة الأفقية**:

أ- قياس الانحدارات المنتظمة:
ان قياس تلك السفوح عملية بسيطة ولا تحتاج الى جهد كبير وذلك باستخدام المعدات والأجهزة المتاحة التي تستخدم في قياس المساحات ومن ابسطها الجنزير والشريط المعدني او القماش او أجهزة المساحة الآلية والإلكترونية الحديثة.

ب- قياس الانحدارات غير المنتظمة.
يحتاج قياس السفوح غير المنتظمة الى جهد اكبر مما في المنتظمة وذلك لعدم تجانسها بسبب ارتفاع أجزاء وانخفاض او انبساط أجزاء أخرى لذا يجب قياس كل جزء على حدة ومن ثم تجمع النتائج التي تمثل طول المنحدر. وقد تتضمن بعض السفوح والمنحدرات معوقات تحول دون قياسه الى نهايته لذا يجب معالجة ذلك من خلال استخدام بعض الأساليب المناسبة لكل نوع من تلك المعوقات ومنها ما يأتي:

1- عائق بسيط يعترض القياس فقط:
توجد بعض المعوقات البسيطة تحول دون استمرار قياس المسافة الأفقية لذا تقاس بطريقة مناسبة وتضاف الى المسافة الكلية ومن خلال الأسلوب آلاتي:
أ- رسم خط يمثل طول المسافة المراد قياسها مثل أ ب في الشكل رقم(11-3).
ب- تحديد نقطتين على جانبي العائق مثل ج , هـ.
ج- رسم عمودين من النقطتين السابقتين الى الأعلى وهما ج د , هـ و.
د- رسم خط من د الى و موازي للمسافة التي يشغلها العائق، كما في الشكل (11-3).

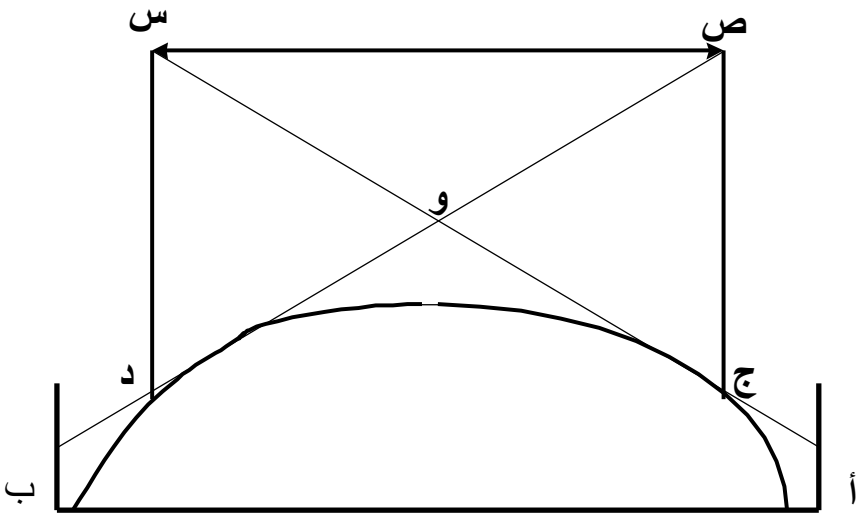
شكل رقم(3-11) قياس المعوقات البسيطة



2- عائق يعترض القياس والرؤيا:
و يشمل المنحدرات التي تتضمن تحدب كبير او تل صغير، ولغرض تجاوز ذلك يتبع ما يأتي:
أ- رسم خط يمثل المسافة الأفقية المطلوب قياسها مثل أ ب في الشكل رقم (3- 12).
ب- تحديد نقطتين على جانبي الظاهرة مثل ج , د .

ج- مد خطين يمران من جانبي الظاهرة وبشكل مائل حتى يلامسان جانبيها تقريبا عند نقاط معينة مثل ج , د ويتقاطعان عند و ويستمران في امتدادهما ج الى س و د الى ص بحيث تكون نقطة التقاطع منتصف امتداد الخطين.
د- رسم خط يصل بين س , ص يساوي المسافة التي يشغلها العائق، كما في الشكل (12-3).[5]

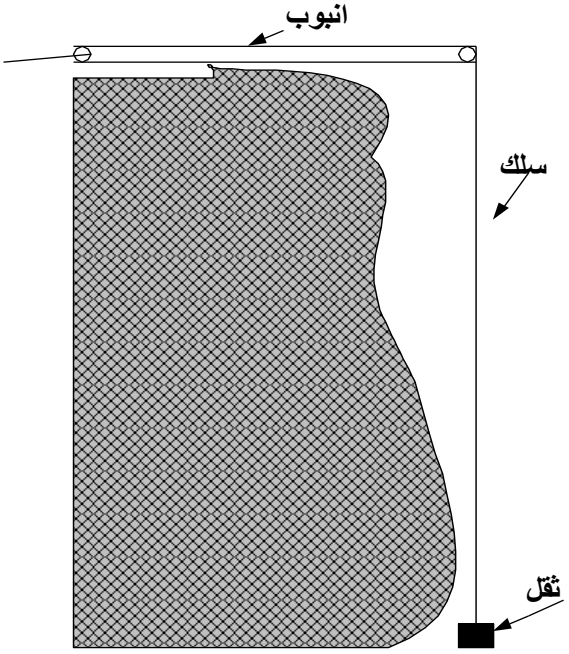
شكل رقم(3-21) قياس عائق كبير يحجب الرؤيا



2- قياس المسافة الرأسية:
يعد قياس الفاصل الرأسي او الارتفاع اكثر صعوبة من قياس المسافة الافقية وحسب طبيعة الانحدار من حيث الشدة والارتفاع، ومن الطرق التي يمكن اتباعها ما يأتي:

أ- قياس الفواصل الرأسية الشديدة الانحدار:
تستخدم عدة طرق في قياس ارتفاع المنحدرات الشديدة من ابسطها استخدام حبل أو شريط قياس طويل أوسلك يوضع برأسه ثقل ليحافظ على استقامته ويسهل تحركه نحو الأسفل على امتداد المنحدر حيث يمثل طول الحبل او السلك ارتفاع المنحدر، وفي حالة وجود تحدب بسيط في وسط المنحدر أو أسفله يمكن استخدام أنبوب طويل وخفيف الوزن ويمرر الحبل فيه ويدفع الأنبوب الى الإمام حتى يكون بمستوى منطقة التحدب بحيث يأخذ الحبل وضعا مستقيما حتى اسفل المنحدر، شكل رقم(3- 13).

شكل رقم(13-3) قياس انحدار شديد

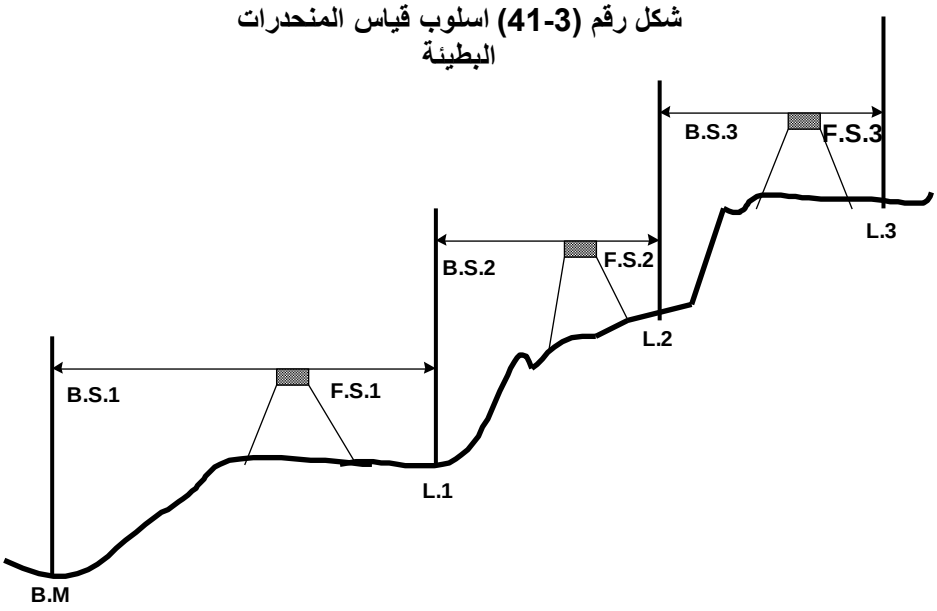


ب- قياس الفاصل الرأسي في المنحدرات البطيئة:

ان قياس الفاصل الرأسي في السفوح البطيئة الانحدار يحتاج الى جهد اكثر من النوع السابق، حيث تستخدم أجهزة التسوية المتنوعة الأوتوماتيكية والإلكترونية التي تستخدم في قياس الأبعاد والمناسيب, وخاصة الأوتوماتيكية التي أجريت عليها تحسينات لزيادة الدقة في المعلومات مثل إضافة المايكرومتر الذي زاد من كفاءة تلك الأجهزة في قراءة المسافات الرأسية والأفقية، حيث يمكن تحديد ارتفاع أية نقطة من خلال استخدام الجهاز الأوتوماتيكي، فعلى سبيل المثال قياس الفاصل الرأسي لمنحدر غير منتظم كما في الشكل رقم(14-3) حيث تتم قراءة منسوبين أمامي F.s وخلفي B.s وتطرح الأمامية من الخلفية لانها تمثل ارتفاع الجهاز ومن ثم يضاف الناتج الى قيمة النقطة التي بدأ منها القياس والمتمثلة بالنقطة B.M والتي قد تكون قيمتها صفر اذا كانت من بداية السفح، وفي الشكل (14-3) قيمتها 40م، وبعد أجراء القياسات على طول المنحدر المطلوب قياسه وعلى شكل مراحل فالمرحلة الأولى بين B.M و L.1 والثانية بين L.1 و L.2والثالثة بين L.2 وL.3، وبعد ألانتها من عملية القياس تجمع القراءات الأمامية وتطرح من مجموع القراءات الخلفية ويضاف الناتج الى قيمة B.M فيمثل الناتج مقدار ارتفاع النقطةL3، فعلى سبيل المثال كان

مجموع القراءات الأماميةF.s يساوي 6م ومجموع القراءات الخلفية B.s يساوي 14م تطرح الأولى من الثانية فيكون الناتج 9م والتي تضاف الى قيمة B.M (40+ 9= 49) م ارتفاع النقطة L.3.[6]

شكل رقم (3-41) اسلوب قياس المنحدرات البطيئة

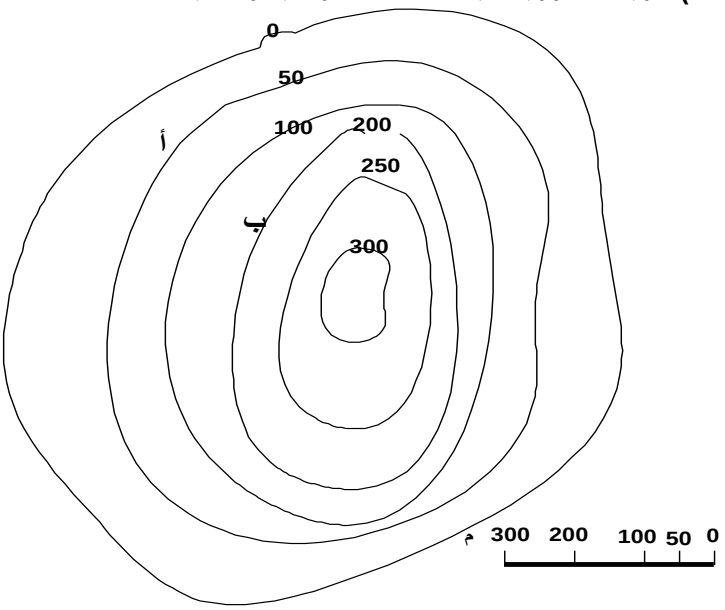


ثانيا- طريقة القياس غير المباشرة:

تعتمد طريقة القياس غير المباشرة على توفر خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة حيث يمثل الخط الكنتوري مقدار ارتفاع النقطة التي يمر بها، وعليه يمثل عدد الخطوط بين نقطة وأخرى رأسيا مقدار الارتفاع، فعلى سبيل المثال في الشكل رقم(15-3) النقطة أ تقع على خط 50 وب على خط 200 فالفاصل الرأسي 200- 50= 150م . كما يمكن استخدام طريقة أخرى وهي عدد الخطوط الكنتورية بين نقطة وأخرى X قيمها، ففي المثال السابق عدد الخطوط بين النقطتين 3 تضرب في قيمتها 50 فتساوي 150.

اما المسافة الأفقية بين نقطة وأخرى فيعتمد على مقياس رسم الخريطة الكنتورية الذي يوضح العلاقة بين المسافة على الخريطة والمسافة على الارض،على سبيل المثال مقياس رسم الخريطة1\10000، أي كل واحد سم على الخريطة يساوي 100 م على الأرض، فإذا كانت المسافة على الخريطة 5سم فعلى الأرض تساوي 5X 100=500م.

شكل رقم(3- 15) خريطة كنتورية لقياس المسافة الرأسية والأفقية



ثالثا – قياس خصائص الانحدار:

بعد أيجاد قيم كل من الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية يمكن التعرف على عدة خصائص للمنحدرات منها ما يأتي:

1- قياس معدل الانحدار:

يقاس معدل الانحدار من خلال العلاقة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية وحسب القانون آلاتي:

$$\text{معدل الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الأفقية}}$$

فعلى سبيل المثال أيجاد معدل الانحدار لسفح جبل كما محدد في الشكل رقم(3- 15) حيث كان الفاصل الرأسي 250م والمسافة الأفقية 3000م فيكون المعدل

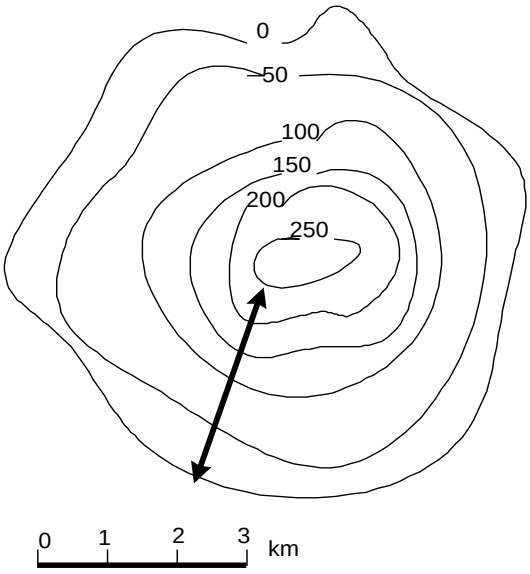
$$\frac{250}{3000} = \frac{1}{12}$$ أي كل 12 م تنحدر 1م.

ان ما يجب الانتباه له ان معدل الانحدار يكون بسط ومقام.

2- نسبة الانحدار:
يطبق القانون السابق ويضرب x 100

$$\text{نسبة الانحدار} = \frac{\text{الفاصل الرأسي}}{\text{المسافة الافقية}} \times 100$$

شكل رقم(3-61)موقع منحدر على الخريطة الكنتورية



$$\%8.33 = 100x\frac{250}{3000}$$

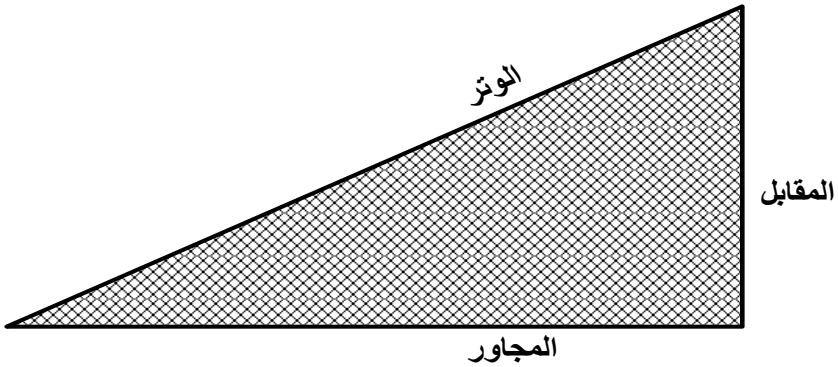
3- درجة الانحدار:

تقاس درجة الانحدار بعدة طرق منها مايأتي:

أ- ظل الزاوية الناتج من العلاقة بين المقابل والمجاور، أي $\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}}$

المقابل يعني الفاصل الرأسي والمجاور المسافة الافقية، حيث يكون الشكل الناتج عن تلك العلاقة مثلث يتضمن وتر الانحدار والذي يعبر عن مقدار انحداره شكليا أيضا، شكل رقم(3- 17).

شكل رقم(3-17) مثلث يوضح المقابل والمجاور ووتر الانحدار



ومن المثال السابق ظل الزاوية = $\frac{250}{3000}$ = 83 0و0 ويقابلها درجة انحدار= 5

ب- تطبيق القانون الأتي: درجة الانحدار= $\frac{\text{الفاصل الرأسي X 57,3}}{\text{المسافة الأفقية}}$

ان الرقم 57,3 مقدار ثابت في القانون ويتم تقريبه في بعض الأحيان الى 60 لتسهيل العمليات الحسابية وقلة التغير في النتيجة.

وتطبيقا للمثال السابق درجة الانحدار $\frac{57.3x250}{3000}$=5

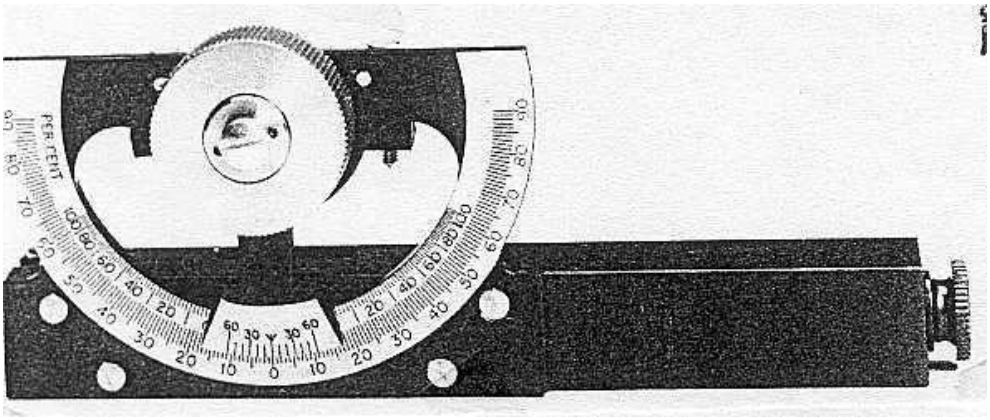
ج- استخدام أجهزة القياس:
يمكن قياس درجة الانحدار باستخدام بعض الأجهزة المعدة لهذا الغرض والبسيطة الاستخدام والتي تحقق نتائج دقيقة ومنها ما يأتي:

1- الكلانوميتر Clinometer

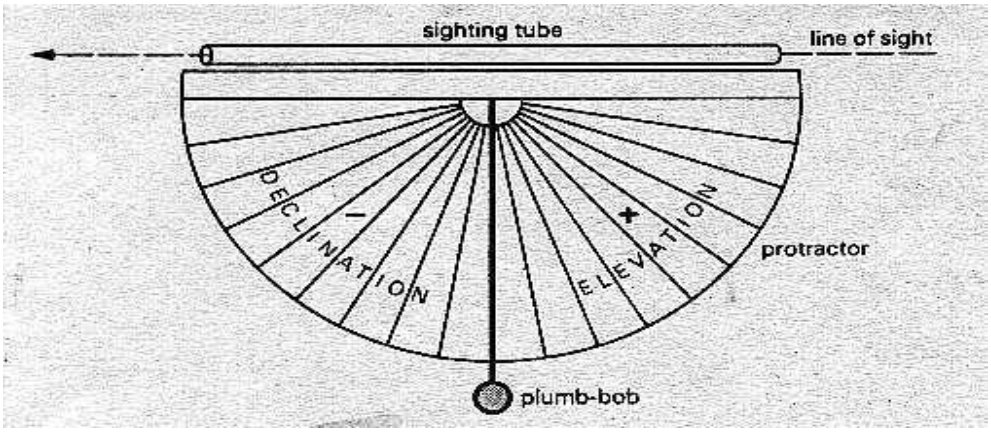
ويعد من ابسط الأجهزة التي تستخدم لقياس درجة الانحدار وعلى درجة كبيرة من الدقة، فضلا عن انه صغير الحجم حيث يتكون من منظار صغير يتضمن فقاعة توازن بداخله ومثبت في أسفله قرص نصف دائري مقسم الى نصفين كل منهما 90 درجة ويتحرك فوقه مؤشر يتحرك مع حركة المنظار الى الأعلى والأسفل حتى تستقر الفقاعة على الشاخص الذي يثبت فوق النقطة التي يراد قياس درجة الانحدار نحوها، شكل رقم(3- 18أ).

كما يوجد نوع أخر يتكون من قرص نصف دائري أيضا فوقه منظار أنبوبي الشكل والذي بواسطته يحافظ على المسافة الأفقية حسب الشاخص المثبت لهذا الغرض، ويتضمن مؤشر يتحرك فوق القرص، ويعمل بنفس آلية النوع السابق، شكل رقم(3- 18ب).

شكل رقم(3- 18) أجهزة الكلانوميتر



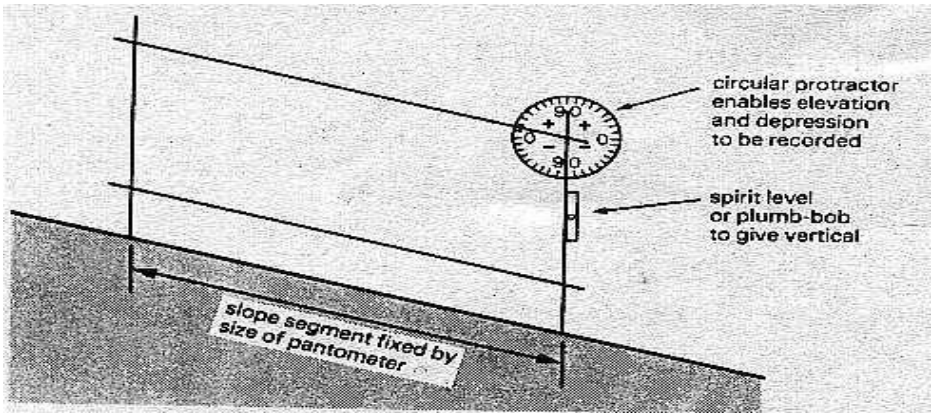
ب



2- البانتوميتر Pantometer

يستخدم هذا النوع لقياس درجة انحدار الحواجز المحدودة المسافة وتحول دون استخدام النوع السابق والتي تكون موازية في امتدادها للانحدار، ويتكون من قرص مقسم الى قسمين كل منهما 180 درجة ومثبت على حامل يتضمن فقاعة توازن ومثبت على قاعدة مستطيلة الشكل، ويتضمن مؤشر يتحرك مع ميل القاعدة وبالتوازن مع الفقاعة توضح درجة ميل الحاجز, شكل رقم(3-19).[7]

شكل رقم (19-3) جهاز البانتوميتر



وتعد درجة الانحدار ذات أهمية كبيرة بالنسبة للانشطة التي تقام على السفوح حيث من خلالها تحدد صلاحيتها ام لا، كما يستفاد منها في معرفة قيمة الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية اذا كان أحدهما معلوم والآخر مجهول ومن خلال تطبيق القوانين آلاتية:

$$\text{1- الفاصل الرأسي} = \frac{\text{درجة الانحدار X المسافة الأفقية}}{60}$$

$$\text{ومن المثال السابق} = \frac{3000x5}{60} = 250\text{م}$$

$$\text{2- المسافة الافقية} = \frac{\text{الفاصل الرأسي X 60}}{\text{درجة الانحدار}}$$

$$\text{ومن المثال السابق} = \frac{60x250}{5} = 3000\text{م}$$

رابعا- تمثيل الانحدارات كميا ونوعيا:

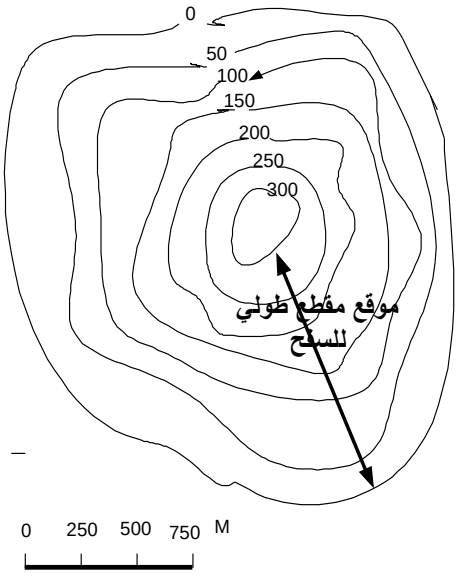
1- رسم مقطع طولي للمنحدر.

تستخدم المقاطع الطولية للتعبير عن طبيعة الانحدار من حيث الانتظام والشدة والتحدب والتقعر، ويعتمد رسمها على توفر خريطة كنتورية للمنحدر لمعرفة الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية، على سبيل المثال رسم مقطع لسفح مرتفع وكما مؤشر على الخريطة في الشكل رقم(3- 20أ) حيث كان الفاصل الرأسي 50م والمسافة الأفقية كل 1سم على الخريطة يقابله 250م على الأرض، أي 1/ 25000 ، وبعد توفر تلك المعلومات تتبع الخطوات آلاتية:

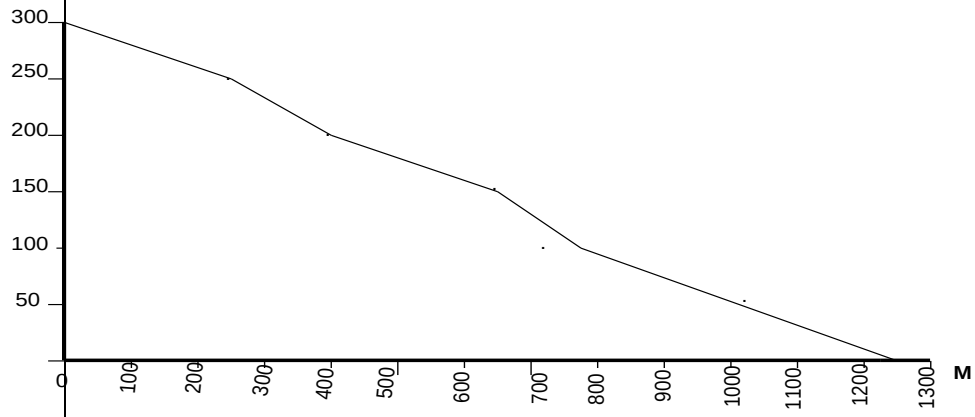
أ- رسم خط افقي يمثل الارتفاع ويتم ترقيمه بشكل متدرج من الأسفل الى الأعلى حسب تدرج أرقام الخطوط الكنتورية.

ب- رسم خط افقي يمثل المسافة الأفقية للمنحدر وبشكل متدرج أيضا من الأصغر الى الأكبر.
ج- معرفة المسافة الأفقية بين خط كنتوروأخر لتثبيتها مقابل الرقم الذي يمثلها ارتفاعا.
د – بعد تثبيت المسافات بين خط واخر بنقاط والتي تبدأ بالعكس من الأعلى نحو الأسفل يتم توصيل تلك النقاط ببعضها فيظهر خط منحدر يعبر عن طبيعة السفح في ذلك الموضع ، وكما في الشكل رقم(3- 18ب).

شكل رقم(3-02أ) خريطة كنتورية لمرتفع



شكل رقم(3-02ب) مقطع طولي للسفح المؤشر على الخريطة



2- تمثيل الانحدارات كميا ونوعيا:

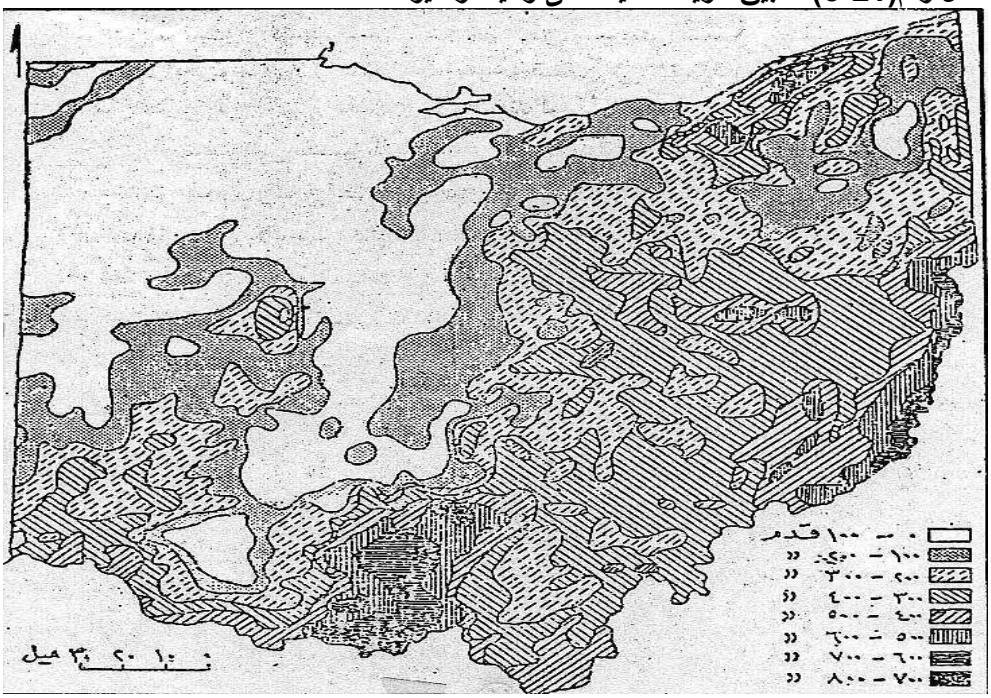
ان تمثيل انحدار مظاهر سطح الأرض يعد ذا أهمية كبيرة في مجالات مختلفة كالطرق والعمران والسدود والخزانات، والتي توضح طبيعة انحدار الأرض وتباين التضاريس في أي موضع، ويتم ذلك بعدة طرق منها ما يأتي:

أ- طريقة سميث:

تتطلب هذه الطريقة خريطة كنتورية للمنطقة حيث يتم تقسيم الخريطة الى عدة مستطيلات مساحة كل واحد منها على الارض 6,75X4,4 ميل، اما على الخريطة فحسب مقياس رسمها، ثم يحسب الفرق بين أعلى وادنى نقطة في كل مستطيل وتوصل القيم المتساوية بخطوط التساوي وبفاصل رأسي مقداره 100قدم، ومن ثم تظلل المناطق المتشابهة فتظهر عدة مناطق متميزة عن بعضها بالارتفاع وبفارق 100قدم بين منطقة وأخرى.

وقد طبق سميث ذلك على ولاية اوهايو الأمريكية والتي كان مقياس رسمها 1/ 600000 فظهرت ثمانية مناطق متميزة، كما أوجد نسبة مساحة كل منطقة من المساحة الكلية للولاية ، وتم تحديد طبيعة توزيع التضاريس من جبال وسهول فيها، شكل رقم (3- 21).[8]

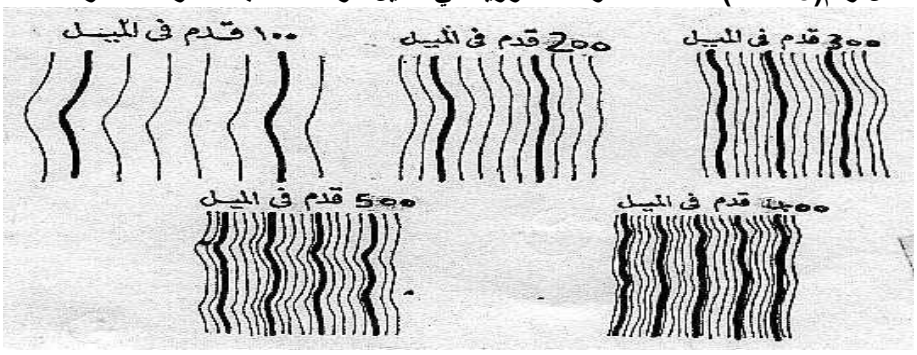
شكل رقم(21-3) تطبيق طريقة سميث على ولاية اوهايو



ب- طريقة رويس وهنري:

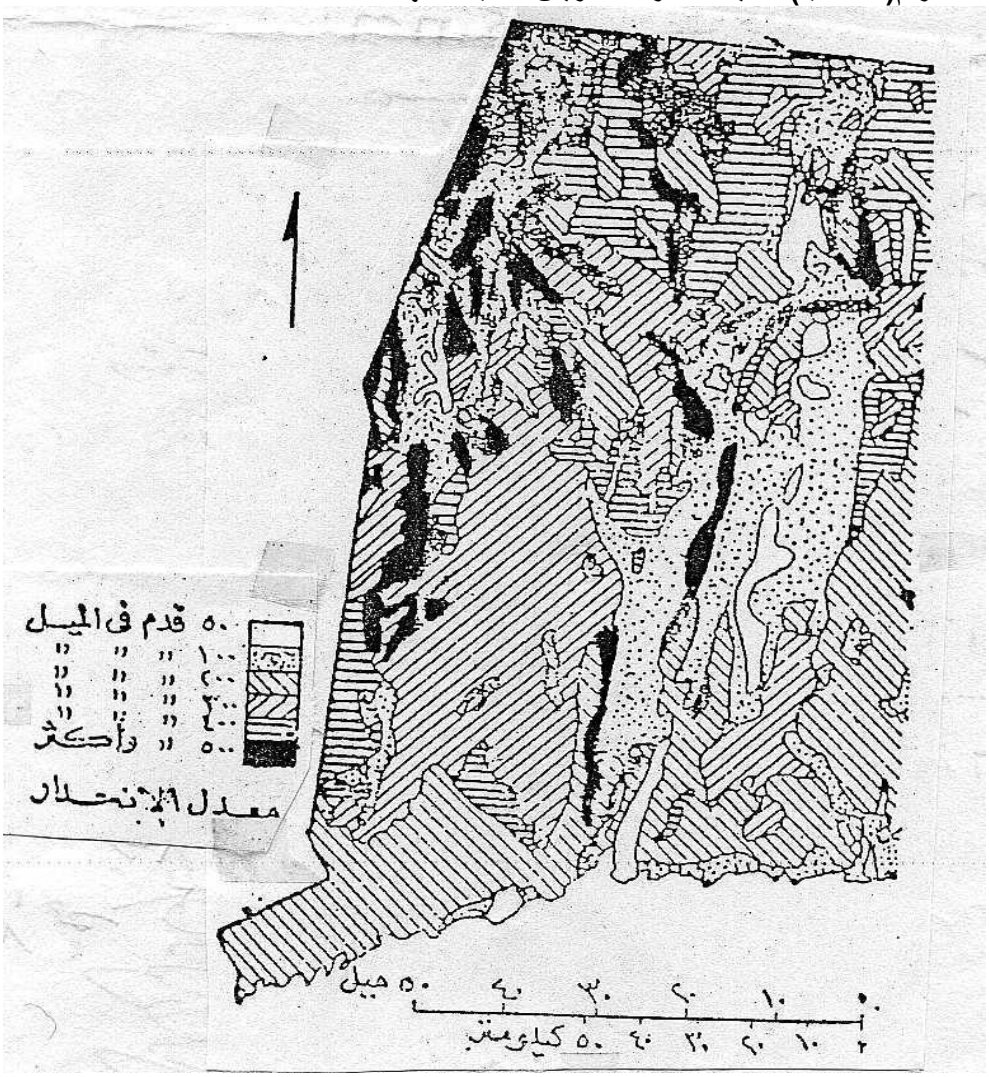
لقد اتبع الباحثان طريقة تقسيم الخريطة الى أقسام صغيرة على أساس كثافة الخطوط الكنتورية في كل قسم وعلى أساس ان مقياس رسم الخريطة بوصة/ ميل (1/ 63360)، وكان في كل بوصة خمسة خطوط كنتورية والفاصل الرأسي بين خط واخر 20 قدم وعليه يكون الارتفاع في هذه الحالة 20X5= 100 قدم في الميل الواحد، وكلما زاد عدد الخطوط في البوصة الواحدة يزداد مقدار الفاصل الرأسي، فإذا كان عدد الخطوط 10 فالفاصل 20X10= 200 قدم/ ميل، وهذا يعني كلما زاد عدد الخطوط المارة في البوصة الواحدة زاد الانحدار، شكل رقم(3- 22أ).

شكل رقم(3- 22أ) كثافة الخطوط الكنتورية في الميل الواحد حسب مقدار الانحدار



وتتوقف طبيعة انحدار أية منطقة على ما تتضمنه من تضاريس، حيث تحدد طبيعة انحدار كل منطقة وإظهار اوجه التشابه والاختلاف ضمن المنطقة الواحدة وبين منطقة واخرى، ومن ثم تظليلها بشكل يتناسب مع كثافة الخطوط الكنتورية، شكل رقم(3- 22ب)، ويمكن تحويل تلك الخطوط إلى درجات انحدار.[9]

شكل رقم(22-3ب) تظليل انحدار التضاريس حسب شدتها

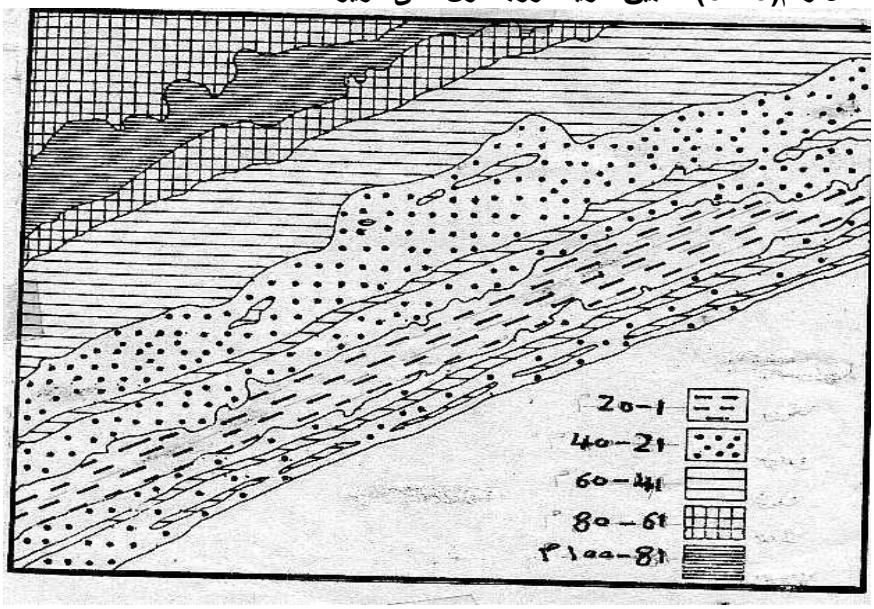


ج- طريقة روبنسون:

تعتمد هذه الطريقة على خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة ويتم تقسيمها الى مربعات صغيرة المساحة تصل الى اقل من ربع ميل لغرض الدقة في المعلومات ، وتدون داخل كل مربع قيم

الخطوط الكنتورية المارة به، وفي حالة وقوع المربع بين خطي كنتور دون ان يمرا به تدون داخل المربع متوسط قيمة الخطين، وبعد الانتهاء من تدوين كافة القيم داخل المربعات يجري تصنيف القيم المتشابهة داخل المربعات من أعلى الى أدنى قيمة ، وبعد ذلك تظلل مواقع القيم بشكل متدرج ويتناسب مع تدرج مقادير تلك القيم بحيث تكون الاكبراكثر تظليلا والأصغر اقل، وقد طبقت تلك الطريقة على جزء من إقليم مريوط غرب ألا سكندرية في مصر فظهرت كما في الشكل رقم (3-23).[10]

شكل رقم(23-3) تطبيق طريقة روبنسون على مريوط



3- رسم خرائط وإشكال للمنحدرات:

ان دراسة منحدرات أية منطقة يمكن ان تترجم الى خرائط وأشكال توضح طبيعتها من حيث الشكل العام ودرجة الانحدار ونقاط التغير في درجة الانحدار واتجاهه، وباستخدام رموز للدلالة على تلك العناصر والتي يمكن الاستفادة منها عند تخطيط المشاريع المختلفة لانها توضح المواقع الشديدة الانحدار والبطيئة والمناطق المحدبة والمقعرة ودرجة التغير في مقطع المنحدر الطولي، سيتم تناول ذلك في الفقرات اللاحقة.

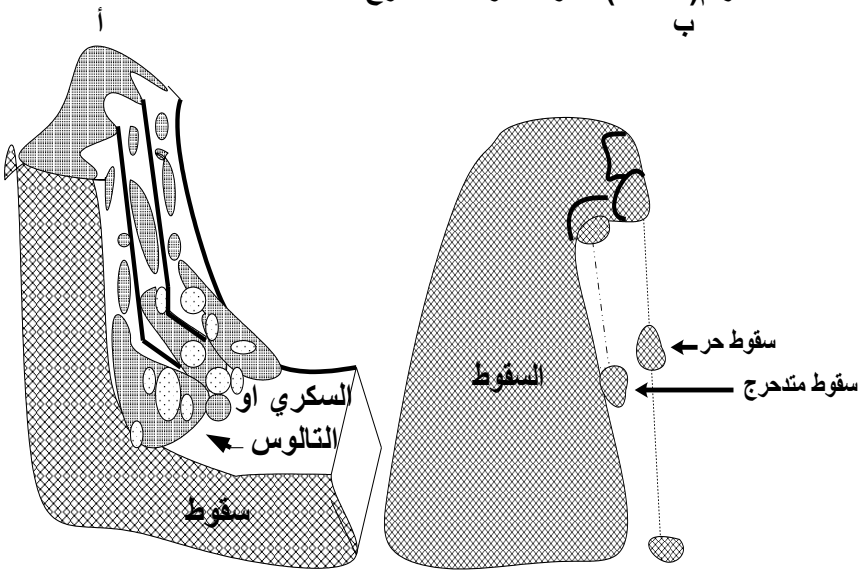
خامسا: المشاكل التي تتعرض لها المنحدرات:

تتعرض السفوح او المنحدرات إلى عمليات السقوط والانزلاق والهبوط والتدفق الطيني والزحف والتي تعد من المشاكل التي يتعرض لها النشاط البشري سواء فوق تلك المنحدرات او في أسفلها، وقد لا تقتصر آثارها على ذلك بل يشمل مناطق واسعة تقع على مسافة عن المنحدرات تصل عدة كيلومترات وخاصة المجاري الطينية والانهيارات، وقد تعرضت مناطق عديدة في العالم الى تلك المشاكل مثل ما حدث في المغرب عام 1988 في مدينة فاس الذي تسبب في وفاة 50 شخصا، وما

حدث في ريودي جانيرو الجبلية الذي أدي الى وفاة 277 شخصا وتشريد اكثر من 18000 فضلا عن الخسائر المادية .[11]
و تحدث تلك العمليات بإشكال واوضاع مختلفة وكما يأتي:

1- السقوط Falls :
تحدث عمليات السقوط في السفوح الشديدة الانحدار التي يتراوح انحدارها مابين 70 و 90° وتقل في السفوح المتكونة من صخور صلبة الا أنها تنشط في التكوينات الضعيفة التماسك حيث تتحرك الكتل المنفصلة من الطبقات العليا نحو الاسفل اما بشكل مباشر دون الاحتكاك بالمنحدر كما في المنحدرات الجرفية، او تتدحرج بسرعة كبيرة على السفوح الشديدة الانحدار حتى تستقر في أسفلها،شكل رقم(24-3أ)، وتحدث هذه الظاهرة في جميع المنحدرات الشديدة كلاجراف البحرية والنهرية وسفوح المنحدرات الجبلية او سفوح الاودية، وتكثر في التي تتكون من طبقات صخرية متباينة الخصائص وتتعرض الى عمليات التجوية والتعرية فتعمل على تفكك الضعيفة منها فتسقط بفعل الجاذبية نحو الاسفل، حيث تكون سريعة الحركة في السفوح الشديدة الانحدار وبطيئة في السفوح المتوسطة او المعتدلة الانحدار, ومن نتائج تلك العملية تجمع المواد المتساقطة بأنواعها من كتل صخرية وجلاميد وحصى ومفتتات واتربة على شكل أكوام كبيرة فوق اسفل المنحدرات وتكون ذات انحدار اقل شدة من التي تعلوها وتسمى هذه الظاهرة بالسكري(Scree) او ألتا لوس, شكل رقم (3- 24ب) وهي ذات خصائص تختلف عن السفوح التي ترتكز عليها حيث تكون غير طبقية وقليلة التماسك لذا تتعرض لعمليات التعرية والتجوية على نطاق واسع، وقد يستغل بعضها للأغراض الزراعية رغم تعرضها للمخاطر.
ومن الجدير بالذكر ان عمليات السقوط تختلف من فصل لاخر ففي الفصول الباردة التي يحدث فيها انجماد وذوبان تنشط فيها تلك العمليات، وكذلك المناطق الرطبة حيث تعمل المياه على تفكك الصخور بالتجوية او التعرية ، الا أنها على نطاق اقل في المناطق الجافة ولكن تكون في المناطق الحارة ذات المدى الحراري الكبير اكثر من المعتدلة.[12]

شكل رقم(3- 24) سقوط مكونات السفوح



2- الانزلاق Slides

تحدث ظاهرة الانزلاق على السفوح غير الجرفية التي يقل انحدارها عن 80 سواء كانت صخرية صلبة او هشة، الانها تكون على نطاق واسع في السفوح التي تتكون من طبقات صخرية مائلة باتجاه الانحدار وذات تراكيب مختلفة، حيث تتحرك كتل كبيرة من تلك الصخور نحو الاسفل وبكل مكوناتها، وتتباين في أوضاعها وحركتها واثارها وما يسفر عن ذلك من تغير في شكل السفح متأثرة بعدة عوامل منها ما يأتي:

أ- نوع التكوينات المنزلقة صخرية أم مفتتات هشة.

ب- شكل السفح الذي تمر فوقه الكتل المنزلقة منتظم أم غير منتظم، محدب أم مقعر، حيث تزداد الحركة فوق السفوح المنتظمة والمقعرة .

ج- درجة انحدار السفح، اذ تزداد سرعة الحركة والمسافة التي تقطعها الكتلة المنزلقة بزيادة درجة الانحدار.

د- طبيعة مكونات السفوح ، حيث تزداد الحركة عندما تكون الطبقة المنزلقة تحتها طبقة هشة أو طينية ضعيفة التماسك، او طبقات مائلة نحو الاسفل،

هـ- رطوبة السفوح ، تزداد الانزلاقات في المناطق الرطبة وتقل في المناطق الجافة لان الماء يقلل من احتكاك الكتلة بالسطح الذي تتحرك عليه، كما تنشط عمليات التجوية والتعرية في تلك المناطق والتي تساعد على كثرة الانزلاقات.

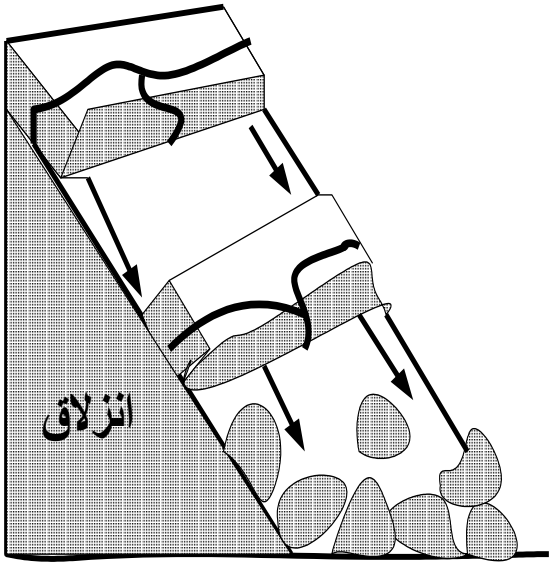
و- حدوث الزلازل التي تعمل على تفكك الصخور وتحركها من مواقعها وعلى شكل كتل كبيرة تنزلق نحو الاسفل.

ز- النشاط البشري وما ينتج عنه من اثار تسهم في حدوث الانزلاقات مثل إزالة الطبقات الصخرية السفلية التي تعد نقطة ارتكاز ما فوقها.

ويتضح من ذلك ان الانزلاقات تكون بأوضاع مختلفة ففي بعض الأماكن تكون على شكل كتل تتحرك في فترات متعاقبة حيث تنزلق كتلة من اسفل المنحدر ثم تليها التي تعلوها والتي بعدها

بشكل متتالي، فيظهر شكل المنحدر غير منتظم اذ تؤدي تلك العملية الى تغير شكل السفح، شكل رقم(25-3).
اما السفوح التي تتكون من المفتتات الصخرية والتربة ولكن على نطاق محدود، أي تشكل طبقة غير سميكة تصل الى عدة أمتار وترتكز على طبقات صخرية، فأنها تتعرض الى الانزلاق عندما تتشبع بالمياه فيضعف تماسكها فتتحرك فرق السطح الرطب فتغطي السفوح التي تقع الى الأسفل منها وتظهر التكوينات الواقعة تحتها في الموضع المعرض الى الانزلاق.[13]
وقد شهدت مناطق عدة من العالم حدوث الانزلاقات التي كانت ذات اثار مدمرة منها على سبيل المثال ماحدث في الولايات المتحدة عام 1959 حيث تعرض نهر ماديسون بولاية مونتانا الى انزلاق كتلة كبيرة من الصخور نحوه تقدر بحوالي 27 مليون م^3 فادت الى سد المجرى وردم طريق سيارات محاذي للمنحدر, وكذلك ما حدث في إحدى الخزانات أمام سد في جبال الألب الإيطالية طوله حوالي 1,9كم وارتفاعه 250م، حيث عملت المياه على إذابة الصخور ومن ثم تكون فجوات كبيرة خاصة عند سفوح المرتفعات المطلة على الخزان فادت الإذابة على نطاق واسع الى تأكل القاعدة السفلى لتلك السفوح وبالتالي انزلاق كتلة صخرية من جانب الجبل المطل على الخزان بلغ حجمها 240م^3 وعلى ارتفاع 150م, ونتج عن ذلك حدوث موجة ارتفاعها حوالي 90م والتي انتقلت على طول البحيرة ولمسافة 5كم وتسببت في وفاة حوالي 2600 شخص.

شكل رقم(3- 25) انزلاق الكتل الصخرية

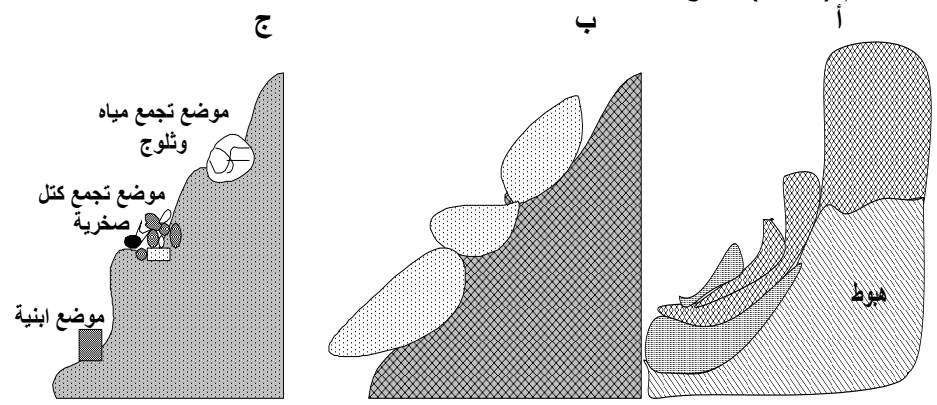


3- الهبوط Slumps

تحدث ظاهرة الهبوط في السفوح ذات التكوينات الهشة عندما تتحرك كتلة كبيرة من تلك التكوينات حركة د ورانية الى الوراء عندما تتشبع بالماء فتتعرض في البداية الى هبوط بسيط في التكوينات المتشبعة بالماء فتضعف من القاعدة التي ترتكز عليها التكوينات التي تعلوها فتتحرك بشكل دوراني نحو الاسفل لتستقر فوق التكوينات المتشبعة بالماء, وتكون تلك الحركة في اغلب الأحيان هلالية الشكل، وفي بعض السفوح تتحرك كتلتين أو ثلاث بشكل متتالي وخلال فترة قصيرة فتتخذ الكتل الهابطة شكلا مميزا حيث تظهر وراء بعضها البعض بشكل مصفوف، شكل رقم(3- 26أ)، وفي

بعض الأحيان تحدث عمليات هبوط كبيرة تعمل على تحرك كتل كبيرة من وسط المنحدر فستقر في أسفله وتتحرك كتلة أخرى فتستقر الى الأعلى من الأولى وتتحرك كتلة ثالثة تستقر الى الأعلى من الثانية فتظهر سلمية الشكل، شكل رقم (3- 26ب)، وتحدث عمليات الهبوط في السفوح التي تزال فيها القاعدة الصخرية التي ترتكز عليها المكونات التي تعلوها، كما تحدث في الأجراف البحرية عند تقويض التكوينات السفلية، وتحدث أيضا في السفوح التي يزداد فوقها الثقل لأي سبب كان مثل تجمع الثلوج والمياه او الصخور فوق موضع معين او اقامة بناء فتشكل ثقل على تلك المواضع الضعيفة المقاومة فتهبط نحو الاسفل .[14] شكل رقم(26-3ج), ففي المواضع التي تتجمع فوقها الثلوج وتذوب بشكل تدريجي فتتسرب المياه الى داخل التربة فتعمل على تفككها من جهة ويؤدي ثقل الثلوج الى هبوطها من جهة أخرى فتتحول الى مناطق منخفضة ضمن السفوح والتي تكون مركزا لعمليات التعرية والتجوية في تلك المواضع فتعمل على توسعها وتحول بعضها الى تجاويف وحفر عميقة حسب طبيعة تكوينات السفوح وقوة تأثير تلك العمليات، اما الأبنية التي تقام فوق سفوح ضعيفة التحمل تتعرض الى الهبوط فيؤدي الى تشقق الجدران أو الانهيار.

شكل رقم (26-3) انواع الهبوط



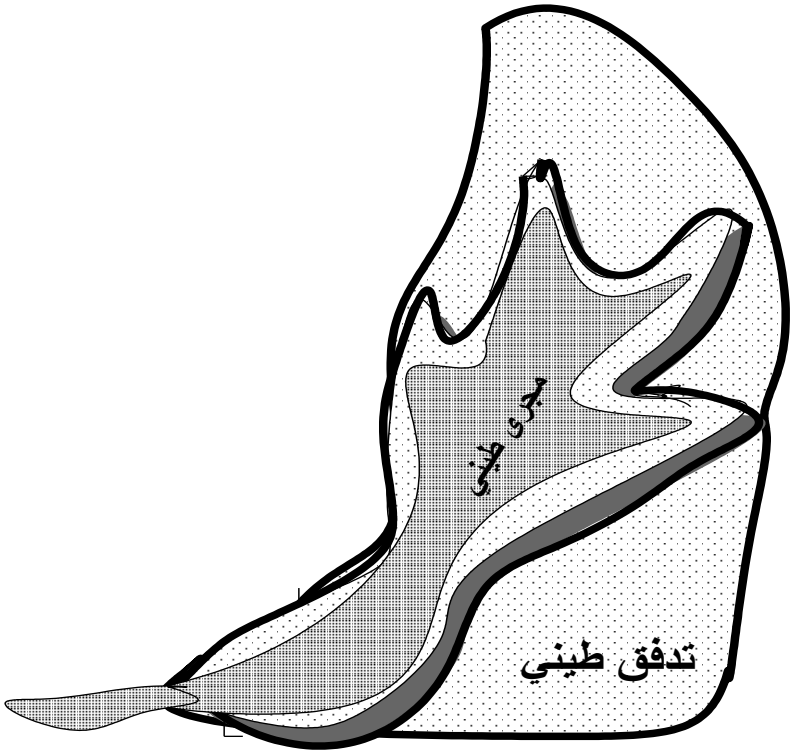
4- التدفق الطيني Mudflow

تسمى هذه الظاهرة في بعض الأحيان الانهيار السريع وتحدث في السفوح التي تتكون من رواسب طينية هشة ذات سمك كبير وترتكز على طبقات صلبة، وعندما تتشبع تلك التكوينات بالماء تقلل من تماسكها وتزيد من ثقلها، حيث تعمل مسا ميتها وتفاديتها على تسرب تلك المياه خلالها, فتتحرك باتجاه اسفل المنحدر بسرعة لان الماء يقلل من احتكاك الطبقة الطينية بالصخرية التي تحتها، كما يؤدي تشبع الطين الى تكون مجاري مائية صغيرة سرعان ما تتحول الى كبيرة وسريعة فتعمل على جرف كميات كبيرة من الأطيان نحو الأسفل والتي تزيد بدورها من عمليات الانجراف بتأثير سرعة الجريان واحتكاك المواد المجروفة بقاع وجوانب المجرى, وتكون على اشدها في السفوح الخالية من النبات الطبيعي.[15]

وتعد ظاهرة التدفق الطيني من اخطر العمليات التي تتعرض لها السفوح لانها تنتقل لمسافة طويلة بعيدا عن السفوح التي حدثت فيها, لذا تؤدي الى تدمير ما يعترضها من عمران ومشاريع، شكل رقم(3- 27).

وقد نتج عن العمليات المتكررة التي تعرضت لها بعض السفوح على نطاق واسع تكون الدالات المروحية عند أقدامها والتي تعد من مراكز النشاط البشري رغم تعرض بعضها إلى مخاطر التدفق الطيني.

شكل رقم(27-3) التدفق الطيني



5- الزحف او الحركة البطيئة Creep

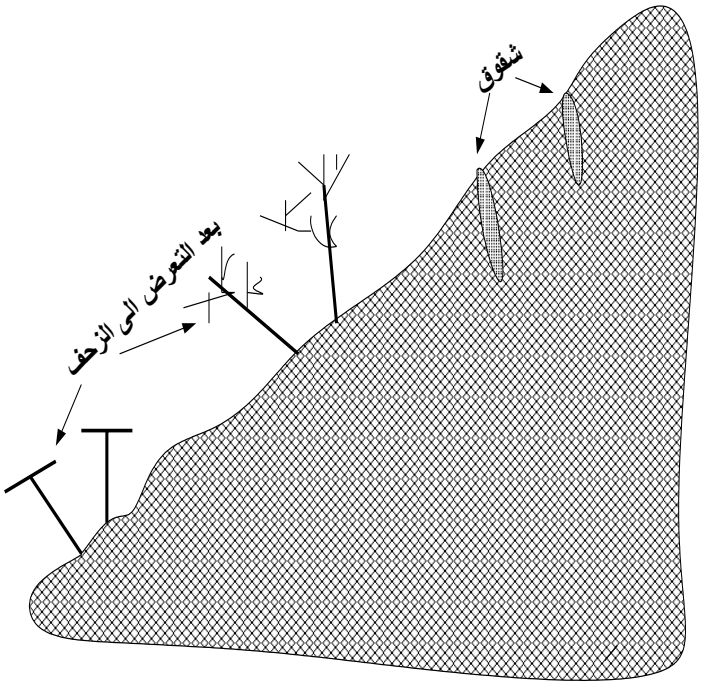
يحدث الزحف او الحركة البطيئة على المنحدرات المعتدلة والبطيئة الانحدار التي تتكون من طبقة سميكة من التربة والمفتتات الكتل الصخرية، وبشكل واضح في المناطق الرطبة ، حيث تتعرض تلك التكوينات الى الزحف نحو الأسفل عندما تتشبع بالماء بعد سقوط الأمطار وذوبان الثلوج ودون تكون مجاري مائية، حيث تفقد التربة والمفتتات قوة تماسكها الداخلية فتخضع لقوة الجذب نحو الأسفل وبشكل بطيء لذا لا تترك أثار كبيرة على تلك السفوح حيث تظهر بعض التشققات فيها كما تظهر الآثار واضحة على بعض الأنشطة البشرية مثل ميل أعمدة الكهرباء او التلغراف او الأشجار او تشقق جدران الأبنية او والاسيجة شكل رقم (3- 28).[16]

وقد يكون الزحف على شكل كتل صخرية مختلفة الأحجام وتتحرك ببطيء فوق السفوح ولمسافات قصيرة قد تكون من أعلاها الى وسطها او من وسطها الى أسفلها.

وقد تحدث تلك الظاهرة نتيجة لتبادل ظاهرتي التمدد والانكماش لمكونات السفوح والناتجة عن عمليات التجمد والذوبان او الرطوبة والجفاف.

ومن اثار عمليات الزحف أنها تؤدي الى انحناء أنابيب المياه او سكك الحديد او كسرها وانحراف الطرق في الأجزاء التي تتعرض للزحف وميل وتشقق الأبنية فتقلل من كفاءتها.

شكل رقم(28-3) زحف مكونات السفوح



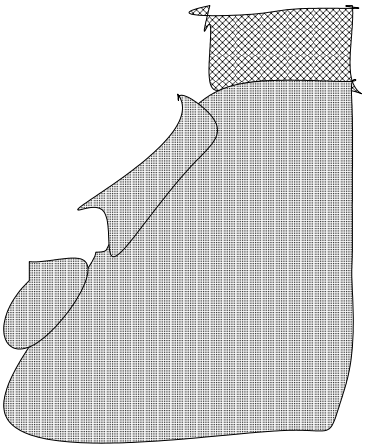
6- الانهيال:

تحدث هذه الظاهرة في السفوح الرملية الشديدة الانحدار، حيث تتحرك الرمال من أعلى المنحدر الى أسفله وكأنها ماء جاري وفي السفوح الجرفية تكون كالشلال، شكل رقم(3- 29)
ونظرا لضعف تماسك الرمل لذا تتعرض مثل تلك السفوح الى عمليات تجوية وتعرية اكثر من غيرها، وتشهد السفوح الرملية عمليات انهيال واسعة عند تقويض الأجزاء السفلى منها، وعليه تشهد تراجعا كبيرا خاصة وان الرمال التي تتحرك من الأعلى نحو الأسفل لا تستقر في مكانها لصغر حجمها وخفة وزنها لذا تحملها الرياح الى أماكن أخرى، عدا الخشنة والتي تشكل نسبة قليلة تبقى في مكانها.
وتسود هذه الظاهرة في المدرجات النهرية المرتفعة التي كانت مجاري سابقة للأنهار فتحدث ظاهرة الترسيب المتدرج, أي الرواسب الحصوية الخشنة في الأسفل تليها الرملية ثم الغرينية والطينية، وقد استغل الإنسان الحصى والرمل في مجالات عدة لهذا بدأ البحث عنها بإزالة التكوينات التي تغطيها, ونظرا لارتفاع سمك بعض طبقات الرمل والحصى لذا ظهرت على شكل مقاطع رأسية مرتفعة وهذا ساعد على سهولة انهيال الرمال ومن ثم انهيار الطبقات الطينية

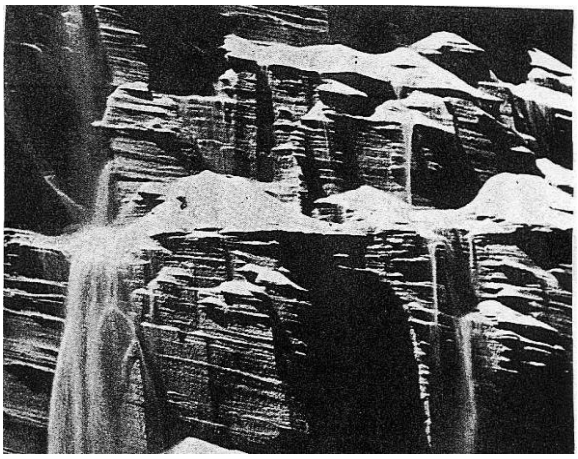
والغرينية التي تعلوها على شكل انزلاق او سقوط حر اذا كانت السفوح جرفيه الشكل شكل رقم(3-29ب).

شكل رقم(3- 29) الانهيال الرملي

ب

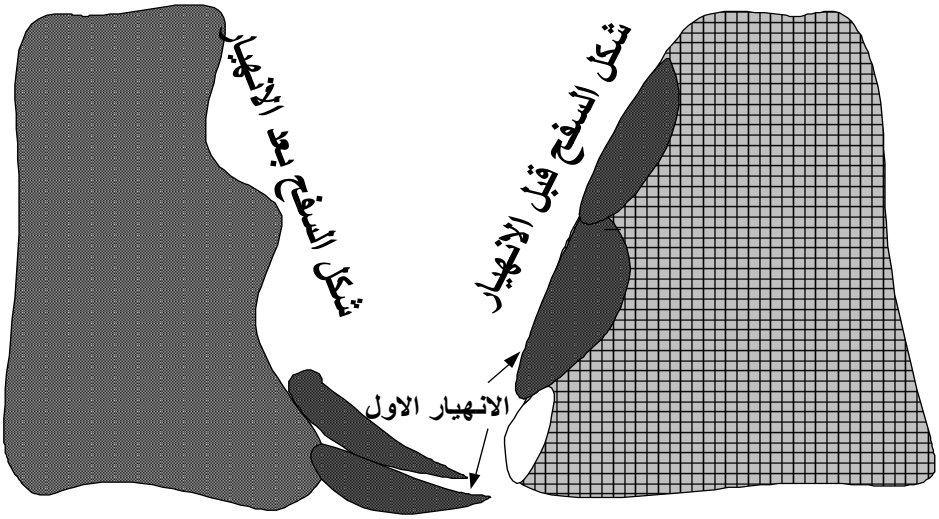


أ



يتضح مما تقدم ان تعرض السفوح الى المملیات المتنوعة من سقوط وانزلاق وهبوط يترتب عليه تغير شكل تلك السفوح, فقد تتحول من محدبة الى مقعرة او من منتظمة الى غير منتظمة او بالعكس, شكل رقم(3- 30)

شكل رقم(3- 30) تغير شكل السفوح



سادسا – أسباب تعرض المنحدرات او السفوح الى العمليات الجيومورفولوجية.

1- تأكل المنحدرات لاسباب متنوعة كالتعرية المائية او الثلجية او حدوث انهيارات سابقة او أعمال هندسية او أي نشاط يترتب عليه تأكل او قطع أجزاء من السفوح.
2- وجود أثقال فوق بعض المواضع من السفوح مثل إقامة أبنية او تجمع كتل صخرية منهارة من الأعلى او تجمع الثلوج ومياه الأمطار، والتي تؤدي الى زيادة وزن مكونات السفوح فتتعرض الى الحركة من موضعها متخذة إحدى أشكال الحركة المارة الذكر.
3- ارتفاع نسبة المياه في الطبقات والتكوينات السطحية وتحت السطحية والتي تعمل على أضعاف تماسك تلك التكوينات فينتج عن ذلك انفصال وانزلاق أجزاء منها او كتل كبيرة تتحرك نحو الأسفل.
4- التعرض الى هزات أرضية بعضها ناتج عن تفجيرات تستخدم في قلع صخور بعض المواضع لغرض استغلال السفوح او الصخور، فينتج عن ذلك تفكك الصخور وزيادة الفواصل والشقوق ضمنها والتي تقلل من تماسكها وتسمح للمياه و الثلوج بالتغلغل الى داخل تلك الطبقات فتزيد من ضعف تماسكها.[17]
5- تأثير عناصر المناخ المختلفة من حرارة ورطوبة وتساقط بأنواعه ورياح والتي يترتب عليها عمليات تعرية وتجوية.
6- تباين بنية الطبقات الصخرية المكونة للسفوح رأسيا, ففي بعض السفوح تمتد طبقة صلبة فوق طبقة هشة رملية أو طينية تسهل عملية الانزلاق خاصة عندما تكون رطبة.
7- احتواء الطبقات الصخرية على تراكيب ثانوية كالفواصل والشقوق والطيات والانكسارات التي تسهم في تنشيط عمليات التعرية والتجوية، وما يترتب عليها من تطورات مثل تحول بعض المعادن الأصلية الى معادن طينية لها القابلية على امتصاص الماء والانتفاخ مثل المنتمورولنايت، فتتحول الى مادة صابونية تزيد من سرعة حركة الكتل الصخرية فوقها عند سقوط الأمطار، حيث تؤدي الى حدوث انزلا قات مفاجأة ومدمرة.

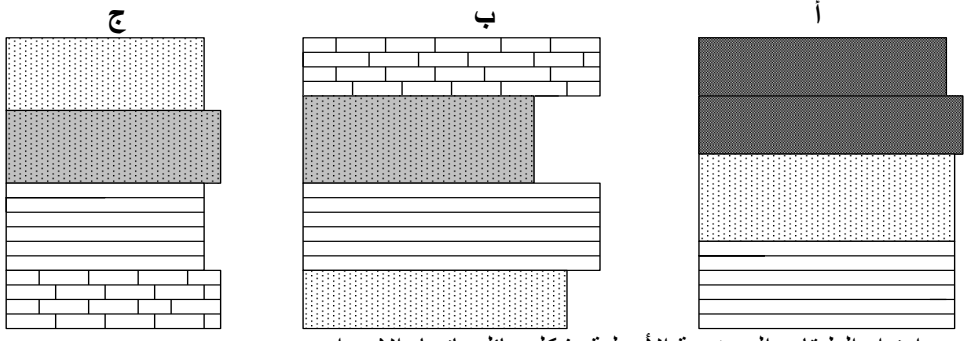
8- قلة الغطاء النباتي على السفوح يقلل من تماسك مكوناتها لذا تتعرض السفوح الجرداء الى عمليات تعرية وتجوية على نطاق أوسع.
9- الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية المكونة للسفوح ونوع مكوناتها، اذ تختلف مكونات السفوح من مكان لاخر وحتى في السفح الواحد تختلف العليا عن السفلى فينتج عن ذلك تركز العمليات الجيومورفولوجية في مواضع معينة من السفوح اكثر من غيرها، اي تتركز في التكوينات الضعيفة التماسك، وعلى العموم تتخذ الطبقات والكتل الصخرية في السفوح أوضاعا وأشكالا مختلفة منها ما يأتي:

أ- الامتداد الأفقي:-

تتخذ الطبقات الصخرية في بعض السفوح وضع أفقي في امتدادها رغم تباين سمكها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية، والتي تعبر عن مدى صلابة وضعف تلك الصخور واستجابتها لعمليات التعرية والتجوية، ويمكن ملاحظة ذلك بشكل واضح في السفوح المقطوعة كما في الشكل رقم(3- 31أ)، ويظهر مكشف الطبقات المتباينة الصلابة بشكل متعرج حيث تتراجع الطبقات الضعيفة وتتقدم الصلبة بشكل بارز الى الأمام، وقد يؤدي التراجع الكبير في الطبقات الضعيفة الى انهيار الصلبة التي تعلوها خاصة اذا كانت قليلة السمك ويصل امتدادها الحر الى الأمام اكثر من متر لزوال قاعدة ارتكازها المتمثلة بالطبقة التي تحتها، وتزداد في الطبقات التي تتضمن فواصل وشقوق كثيرة شكل رقم(31-3ب).

وقد تكون الطبقات الصخرية في بعض السفوح قليلة التباين في خصائصها، أي تكون متقاربة في الصلابة او في الضعف ألا انه يوجد تباين في السمك لذا تكون مكاشف تلك الطبقات قليلة التعرج ، حيث تكون استجابة الطبقات الصلبة لعمليات التعرية والتجوية قليلة، اما الطبقات الضعيفة فتتراجع بدرجات متقاربة أيضا لذا تتخذ أشكال متقاربة، شكل رقم (31-3ج).

شكل رقم(31-3) امتداد الطبقات الصخرية الأفقي واثر العمليات فيها



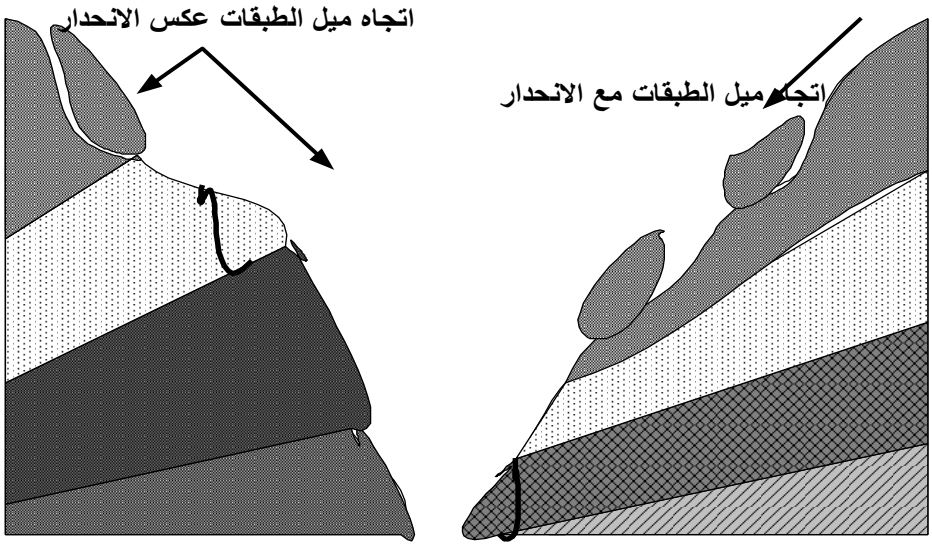
ب- امتداد الطبقات الصخرية الأصلية بشكل مائل باتجاه الانحدار:

تمتد الطبقات الصخرية في بعض السفوح بشكل مائل باتجاه الانحدار وهذا ما يجعلها اكثر خطورة من النوع السابق حيث يساعد الميل على تحرك الكتل المنفصلة من الطبقات الأصلية نحو الأسفل وتزداد سرعة الحركة مع زيادة درجة الميل، لذا تشهد مثل تلك السفوح عمليات انزلاق وهبوط وسقوط اكثر من غيرها وخاصة في المناطق الرطبة، وقد تسهم عمليات قطع أجزاء من السفوح في تنشيط تلك العمليات، شكل رقم(3- 32أ).

شكل رقم (32-3) ميل الطبقات

ب

أ

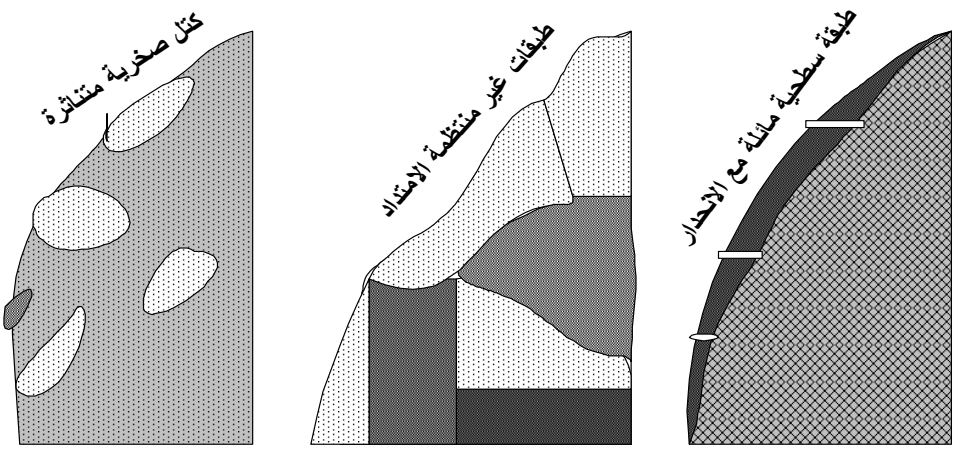


د- امتداد الطبقات الصخرية الأصلية باتجاه معاكس لميل المنحدر:
تتخذ بعض الطبقات الصخرية وضعا مختلفا عما مر ذكره حيث تميل الطبقات الصخرية بعكس ميل المنحدر، ومن المظاهر التي تتضمن ذلك والكويستات اذ تكون شديدة الانحدار باتجاه المنحدر الاان ميل الطبقات الصخرية الى الوراء ببطيء، شكل رقم (3-32ب)، وتعد تلك السفوح اقل خطورة من الأنواع السابقة بسبب عدم تحرك الكتل الصخرية المنفصلة من الطبقات الى الاسفل بسرعة لميل الطبقات بشكل معاكس لذا يكون تأثير الجاذبية محدودا.

ج- امتداد الطبقة الصخرية السطحية باتجاه الانحدار:
تغطي بعض السفوح طبقة صخرية غير سميكة لذا تتأثر بالمؤثرات الخارجية مثل عناصر المناخ فتعمل على تفككها وتشققها فينتج عن ذلك انزلاق كتل منها نحو اسفل تلك السفوح، وتزداد عمليات انزلاق تلك الكتل عندما يكون السطح الذي تتحرك فوقه أملس،أو عند إزالة الأجزاء السفلى من تلك الطبقة، شكل رقم(3- 33أ).

شكل رقم(33-3) أوضاع متباينة للطبقات والكتل الصخرية

أ ب ج



هـ - طبقات صخرية غير منتظمة البنية:
تظهر بعض الطبقات الصخرية بشكل غير منتظم في بعض السفوح أوفى أجزاء منها، حيث يتخذ بعضها وضع أفقي وأخرى شكل مائل او التوائي وذلك لتأثرها بالحركات الأرضية والالتوائية عبر الأزمنة المختلفة، شكل رقم(3- 33ب)، وقد لاتكن بشكل واضح في السفوح الاعتيادية الأبعد قطع أجزاء منها فتظهر بنية الطبقات، وتعد مثل تلك السفوح غير مستقرة وتتعرض الى عمليات ذات اثار سيئة على المشاريع التي تقام فوقها او أسفلها.

و- كتل صخرية غير طبقية:
تتكون بعض السفوح من تكوينات هشة تتضمن كتل صخرية بأحجام واوضاع مختلفة، والتي تظهر واضحة في بعض السفوح وغير واضحة في سفوح أخرى الأبعد إزالة الطبقات السطحية التي تغطيها، وتكون تلك الكتل قابلة للسقوط او الانزلاق لعدم تماسك مكونات السفوح التي تتضمنها وعدم ارتباط تلك الكتل بطبقات، لذا تعد مصدر خطر على المنشآت التي تقام فوق او اسفل مثل تلك السفوح، شكل رقم(3- 33ج).

سابعا – أساليب الحد من مخاطر العمليات التي تتعرض لها السفوح:

1- تقليل كمية الرطوبة في تربة وتكوينات المنحدرات المختلفة بواسطة حفر خنادق كونكريتية او مد أنابيب لنقل المياه من أعلى السفوح الى أسفلها او حفر أبار عميقة لتجميع المياه وضخها بعيدا عن السفوح، او من خلال تغطية تلك السفوح بمواد غير نفيذة كالأسمنت او الإسفلت او أي مادة كيميائية تزيد من تماسك المواد المفككة السطحية فتقلل من مسا ميتها و تسرب المياه الى داخل تكوينات السفوح.

2- إقامة جدران ساندة اسفل السفوح لحماية المنشآت والمشاريع المقامة في تلك المناطق للحيلولة دون وصول الكتل الصخرية المتحركة من الأعلى اليها، ويتوقف ذلك على على طبيعة المنحدر وربما لا يسمح وضعه الطبيعي من حيث التكوينات وشدة الانحدار بذلك.
3- تسوية او تعديل المنحدرات لتقليل درجة انحدارها من خلال قشط المناطق المرتفعة او المحدبة ودفن المناطق المنخفضة، او عمل مصاطب صخرية على شكل مدرجات تستقر عليها الكتل الصخرية والمواد المتحركة من الأعلى وتكون على مستويات ومسافات تحقق الغرض المطلوب، وفي مثل هذه الحالة يجب تنظيم تصريف المياه عبر كل مسطبة لمنع ما يترتب عليها من تعرية وتجوية والمشاكل المترتبة على ذلك.
4- عمل أسلاك شائكة ومشبكة وحسب طبيعة المنحدر من حيث الشدة والتكوين، ففي بعض السفوح تكون خط واحد من تلك الأسلاك لحجز الكتل المتحركة فوق السفوح ومنع وصولها الى الأسفل، وفي حالة استخدام الأسلاك الشائكة تكون المسافة بين خط واخر رأسيا لاتزيد عن 20سم، وقد تقتضي الحاجة الى إنشاء اكثر من خط وعلى مسافات متباعدة، أي تكون مثلا في وسط المنحدر واسفله، وفي بعض الأحيان يتم مد خطين متوازيين من الأسلاك المشبكة وعلى مسافة لاتزيد عن نصف متر وتثبت بقضبان حديدية او جدران كونكريتية ويملأ وسطهما بالصخور او الجلاميد فتكون اكثر ثباتا من الأنواع السابقة.
5- استخدام مسامير حديدية ضخمة لتثبيت الكتل الصخرية الضعيفة الاستقرار في أعلى السفوح ومنع سقوطها وخاصة في المناطق التي يوجد في سفل تلك الكتل أنشطة بشرية.
6- تغطية السفوح الشديدة الانحدار وذات تكوينات غير متماسكة بأسلاك مشبكة لحماية ما تحتها من أنشطة مثل طريق او سكة حديد، وتحتاج الى هذه العملية السفوح التي يتم قطعها لاقامة نشاط معين، وقد استخدم هذا الأسلوب في الأردن لحماية جزء من طريق عمان اربد الذي يمر اسفل سفوح مقطوعة ضعيفة التماسك.
7- إزالة بعض الأحمال او الأوزان من فوق السفوح غير المستقرة مثل الكتل الصخرية التي تجمعت فوقها او الثلوج المتجمعة او إزالة أبنية في حالة وجود مخاطر عليها.
8- تثبيت أوتاد حديدية او خشبية في السفوح المعتدلة والبطيئة وذات تكوينات ضعيفة التماسك و يحتمل تحركها.
9- غرس أشجار في السفوح الهشة وضعيفة التماسك والتي تعمل جذورها على تثبيت مكونات تلك السفوح والحد من تحركها، فضلا عن الحد من التعرية المائية .
10- عمل حواجز من الصخور المتوفرة على السفوح التي تتعرض الى عمليات الانزلاق والهبوط وبشكل يتعامد على اتجاه الانحدار وفي المواضع المستقرة من تلك السفوح، ويمكن عمل اكثر من حاجز اذا تطلب الأمر ذلك.

المبحث الثالث – دراسة تطبيقية ميدانية على بعض المظاهر الجيومورفولوجية

بعد استعراض الجوانب الاساسية للدراسات الميدانية في الفصول والفقرات السابقة لابد من أجراء دراسة تطبيقية ميدانية على بعض المظاهر الجيومورفولوجية لتكون مثالا للتطبيق على المظاهر الأخرى التي تتضمن عناصر مشابهة, ومنها مايأتي:

اولا- الميسات

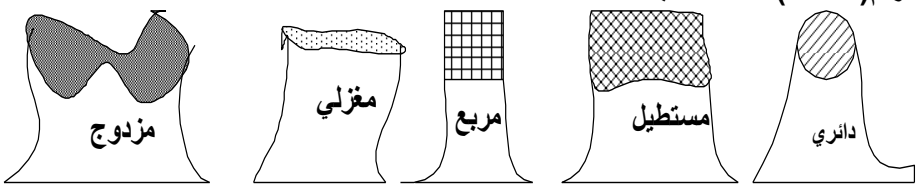
تعد الميسات من المظاهر الواسعة الانتشار وتتضمن الكثير من العناصر التي توجد في المظاهر الأخرى, لذا يمكن الاستفادة من الدراسة التطبيقية الميدانية الوصفية المورفومترية والتفسيرية لتلك الظاهرة في دراسة معظم مظاهر السطح.

وتكون كما يأتي:

1- تحديد موقع الظاهرة بالنسبة للمظاهر المحيطة بها كالوديان والسهول والأحواض والحافات والهضاب والميسات الأخرى.

2- شكل الميسا, دائري, مستطيل, مربع, مخروطي, مغزلي, منفردة, مزدوجة , شكل رقم(3-34).

شكل رقم(3- 34) أشكال الميسات

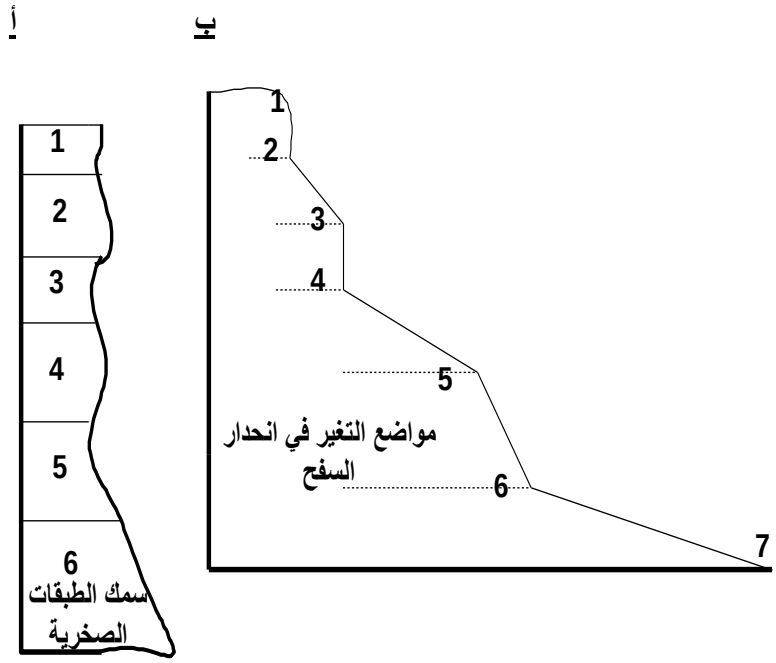


3- اتجاه الظاهرة بالنسبة للاتجاهات العامة, شمال جنوب, شرق غرب, او أي اتجاه أخر بين الاتجاهات الرئيسية.

4- الطبقات الصخرية المكونة للظاهرة التي يمكن تميزها من خلال أسطح الانفصال واللون والنسجة, وترقيمها من الأعلى الى الاسفل او بالعكس,واخذ نموذج من كل طبقة ووضعه في كيس ويكتب عليه رقم تلك الطبقة لغرض تحليلها والتعرف على نوع الصخور المكونة لتلك الظاهرة, كما يقاس سمك الطبقات وتحدد المواضع المتعرضة الى عمليات التجوية والتعرية, ويتم تجسيد ذلك بمقطع طولي لتلك الطبقات, شكل رقم(35-3أ).

5- تحديد مواضع التغير في انحدار سفوح الظاهرة في الجهات التي يراد دراستها من أعلى الظاهرة الى أسفلها, شكل رقم(35-3ب) ومن ثم قياس المسافة الافقية وزاوية الانحدار بين نقطة واخرى باستخدام أجهزة القياس المتاحة مثل شريط قياس المسافة الأفقية والكلانوميتر لقياس زاوية الانحدار, وفي الشكل(35-3ب) كانت كما في الجدول رقم(2-3)

شكل رقم(33-3) مقطع طولي للطبقات الصخرية ومقطع لمواضع تغير الانحدار



جدول رقم(2-3) قياس عناصر انحدار الظاهرة

مواضع التغير	المسافة/م	الزاوية	الارتفاع/ م	درجة الانحدار
1 --- 2	3	45°	3	60
2--- 3	6	30°	3	30
3--- 4	4	45°	4	60
4--- 5	15	10°	2,5	15
5--- 6	8	35°	4,6	34
6--- 7	15	18°	4,5	18

ومن خلال هذه القياسات يمكن معرفة ارتفاع كل جزء والتي يمثل مجموعها ارتفاع الظاهرة ومن تطبيق القانون الآتي:

$$\text{الارتفاع} = \frac{\text{زاوية الانحدار} \times \text{المسافة الأفقية}}{60}$$

ومن تطبيق ذلك على المثال السابق كانت النتائج كما في الجدول رقم(2-3), والتي يمثل مجموعها ارتفاع الظاهرة ويساوي (21,6م), كما يمثل مجموع المسافات الأفقية بين نقاط التغير طول منحدر الظاهرة ويساوي(51 م).
و من تلك المعلومات يمكن معرفة درجة الانحدار بين نقاط التغير من خلال تطبيق القانون آلاتي:

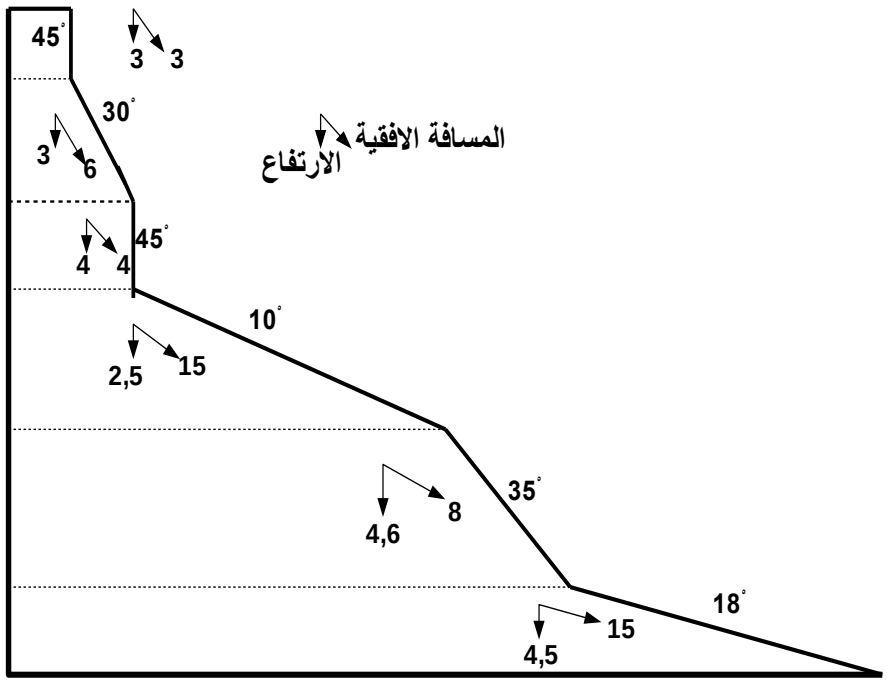
$$\text{درجة الانحدار} = \frac{\text{الارتفاع} \times 60}{\text{المسافة الأفقية}}$$

ومن تطبيقها على المثال السابق كانت النتائج كما في الجدول رقم(2-3).

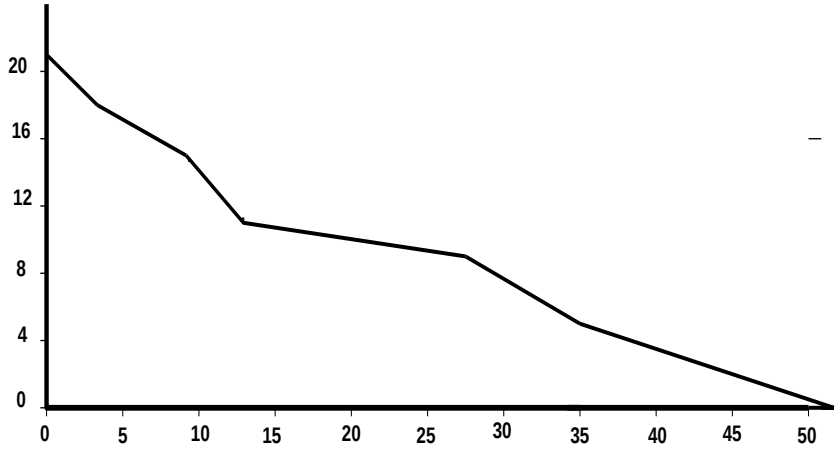
6-المعدل العام لانحدار الظاهرة ويساوي = $\frac{21,6}{51} = \frac{4}{10}$

7- رسم مخطط للظاهرة يتضمن المسافة الأفقية بين نقاط التغير وزاوية الانحدار والارتفاع, شكل رقم(36-3).
8- رسم مقطع طولي للمنحدر اعتمادا على الارتفاع والمسافة الأفقية والذي يوضح شكل الانحدار محدب , مقعر, منتظم, غير منتظم , شكل رقم(3- 37).

شكل رقم(3- 36) مخطط لمنحدر الظاهرة



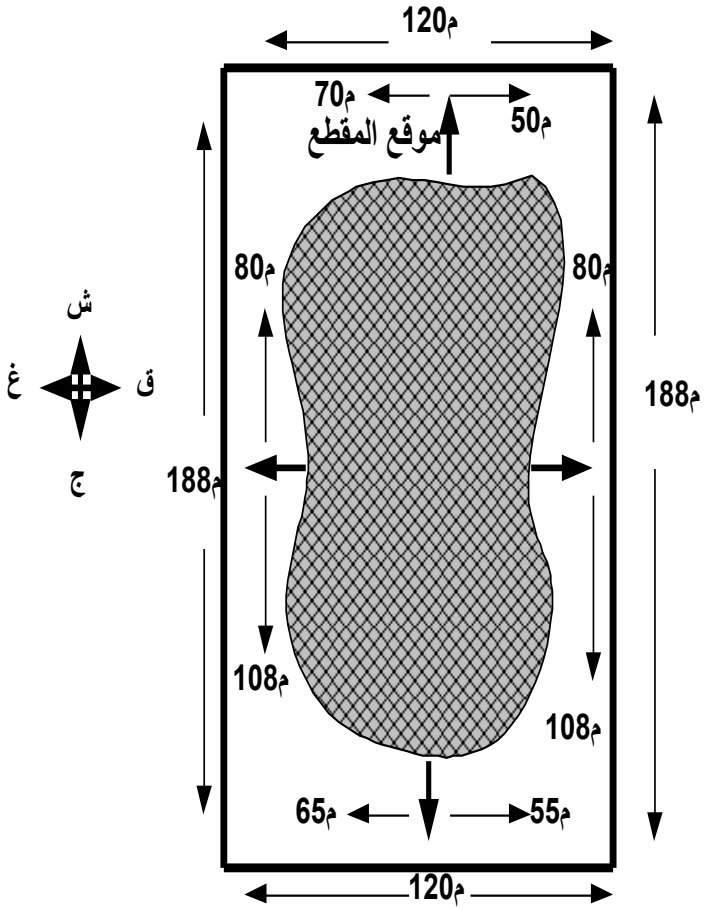
شكل رقم(37-3) مقطع طولي للمنحدر



9- اتجاه ميل الطبقات الصخرية مع الانحدار أم عكسه ودرجة ميلها, ويمكن استخدام جهاز بيرنك((baring الذي يقيس الاتجاه ودرجة الميل.

10- قياس عدة مقاطع ومن عدة جهات واتباع نفس الخطوات المارة الذكر, وفي هذه الحالة يجب تحديد النقاط التي ينتهي عندها القياس حول الظاهرة, وقياس الأبعاد بين تلك النقاط, شكل رقم(3-38), كما تحدد مواقع المقاطع بالنسبة للأبعاد, ويستفاد من هذه العملية في أجراء رفع مساحي للظاهرة وتمثيلها بخرائط كنتورية, و في معرفة اكثر الجهات تعرضا للتغير بسبب العمليات الجيومورفولوجية.

شكل رقم(38-3) تحديد نقاط نهاية القياس ومواقع المقاطع من الجهات المختلفة



11- طبيعة المناخ السائد في المنطقة واثر عناصره من حرارة ورياح وتساقط على الظاهرة.
12- العمليات الجيومورفولوجية التي أسهمت في تكوين الظاهرة في الماضي والحاضر, وتحديد أيهما اكثر تأثيرا.
13- التراكيب الاولية والثانوية التي تتضمنها الطبقات الصخرية ودورها في وجود تلك الظاهرة.
14- علاقة الظاهرة بالمظاهر المحيطة بها ومدى تأثيرها عليها في الماضي والحاضر على سبيل المثال تعمل الاودية المارة من إحدى جهات الميسا على تركز التعرية المائية في تلك الجهة اكثر من الجهات الأخرى .
15- اثر النشاط البشري في تلك الظاهرة بصورة مباشرة أو غير مباشرة.

ثانيا- الكثبان الرملية

تنتشر الكثبان الرملية في الطبيعة بأشكال مختلفة متأثرة بالرياح السائدة وكمية الرمال وطبيعة مظاهر السطح في منطقة وجودها, ويمكن دراسة تلك الاشكال وصفيا ومورفومتريا كأي ظاهرة

أخرى لمعرفة الأسباب والتطورات التي يشهدها هذا النوع من المظاهر, والعمليات التي أسهمت في وجودها, والعناصر التي يمكن قياسها, وسيتم تناول كل نوع من الكثبان على حده وكما يأتي:

1- الكثبان الطولية

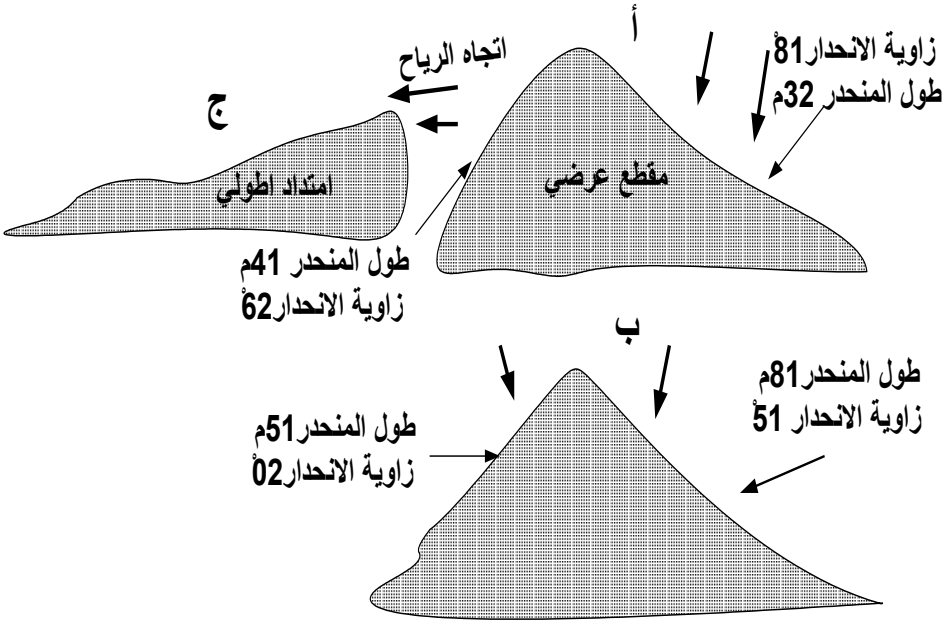
تتخذ بعض الكثبان الرملية شكلا طوليا موازيا لاتجاه الرياح العام, وقد يكون الشكل العام للكثيب مختلفا من مكان لاخر متأثرا باتجاه هبوب الرياح, ففي المناطق التي تهب فيها الرياح من اتجاه واحد وتغير اتجاهها لفترة قصيرة او لأيام معدودة لذا يكون شكل الكثيب محدب او مقوس من الأعلى, ويكون امتداده طويل وانحداره متوسط في الجهة المواجهة للرياح, بينما تكون الجهة المعاكسة قصيرة الامتداد وشديدة الانحدار, شكل رقم(3- 39أ).

اما في المناطق التي تتغير فيها زاوية اتجاه الرياح ومن نفس الجهة على سبيل المثال غربية وشمالية غربية يؤدي ذلك الى تغير مظهر الكثيب فيكون بدل المحدب على شكل زاوية حادة, شكل رقم(3- 39ب) اما الخصائص الأخرى كالامتداد وزاوية الانحدار متشابهة في النوعين, وقد تم قياس أحد الكثبان ميدانيا فكان طول انحدار الكثيب في الجهة المواجهة للرياح 23م وزاوية الانحدار ˚18, اما الجهة المعاكسة طول الانحدار 14م والزاوية26 .

ومن قياس تلك العناصر يمكن معرفة درجة الانحدار وارتفاع الكثيب في موقع القياس بتطبيق القوانين المارة الذكر في الفقرات السابقة من هذا الفصل.

ومن الجدير بالذكر ان ارتفاع الكثيب يقل بالتدريج من بدايته الى نهايته, حيث يرتفع في البداية لترسب اكبر كمية من الرمال التي تحملها الرياح وخاصة الخشنة منها عندما تنخفض سرعتها بسبب اصطدامها بعائق طبيعي, اما الناعمة الخفيفة الوزن فتنقلها الرياح الى وسط واخر الكثيب وبكميات اقل, شكل رقم(39-3ج), ويفضل في مثل هذه الحالة قياس عدة مقاطع على طول الكثيب للتعرف على الكثير من الخصائص التي تميزه عن غيره.

شكل رقم(39-3) مقاطع من الكثبان الرملية الطولية



2- الكثبان المستعرضة

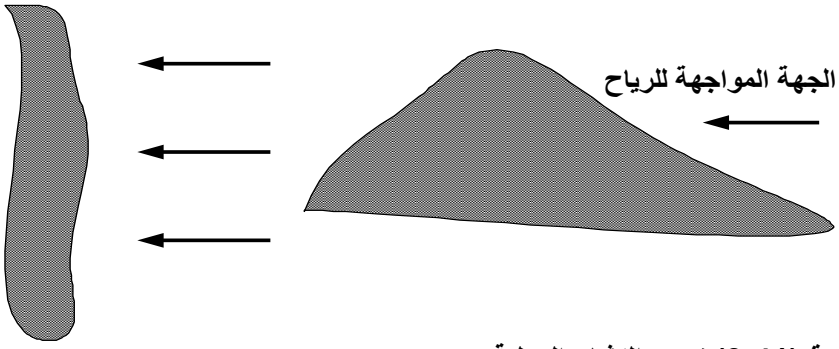
تتخذ بعض الكثبان الرملية وضعا متعامدا على اتجاه هبوب الرياح فتكون الجهة المواجهة لهبوب الرياح طويلة الامتداد وبطيئة الانحدار, اما الجهة المعاكسة قصيرة الامتداد وشديدة الانحدار, شكل رقم(3- 40أ), وقد تم قياس أحد الكثبان المستعرضة فكان امتداده في الجهة المواجهة للرياح 51م وزاوية الانحدار 5°, اما الجهة المعاكسة فكان امتداده 14م والزاوية 30° .

وقد تكون الكثبان الرملية المستعرضة متقاربة في ارتفاعها على طول امتدادها لتوزيع الرمال عليها بشكل متساوي لتعرض جميع أطراف الكثيب الى الرياح المحملة بالرمال في نفس الوقت وبكميات متساوية, شكل رقم(40-3ب).

وتظهر على الجهة المواجهة للرياح تموجات صغيرة ومتقاربة تصل الى بضع سنتمترات, وتكون منتظمة في امتدادها وشكلها في المناطق التي تتعرض الى رياح من جهة واحدة وقليلة التغير,شكل رقم(41-3أ), في حين تكون غير منتظمة في شكلها وامتدادها في المناطق التي يتغير فيها اتجاه الرياح بشكل مستمر, شكل رقم(3- 41ب) , وتتخذ نفس النمط العام للكثبان الرملية في شكلها حيث تكون بطيئة الانحدار في الجهة المواجهة للرياح وشديدة الانحدار في الجهة المعاكسة .

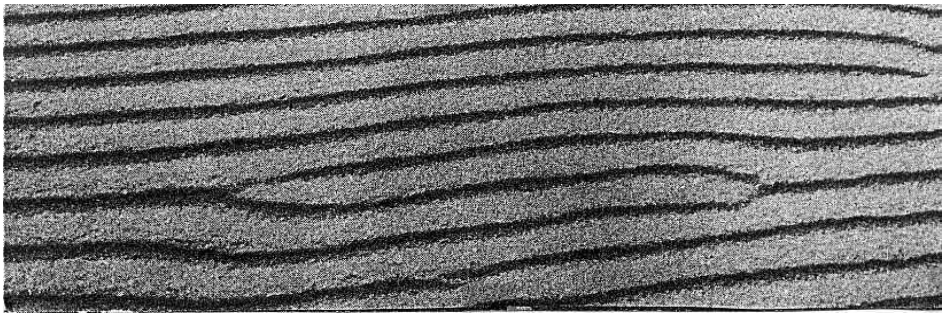
شكل رقم(3- 40) الكثبان الرملية المستعرضة

أ ب

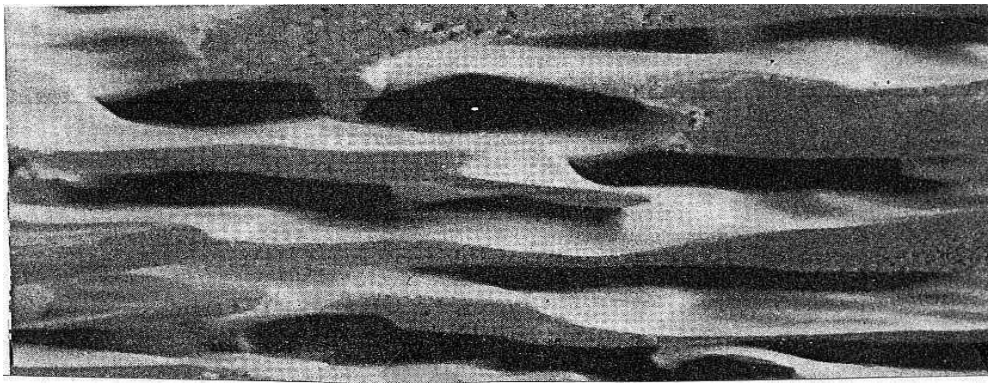


شكل رقم(41-3) تموج الكثبان الرملية

أ



ب

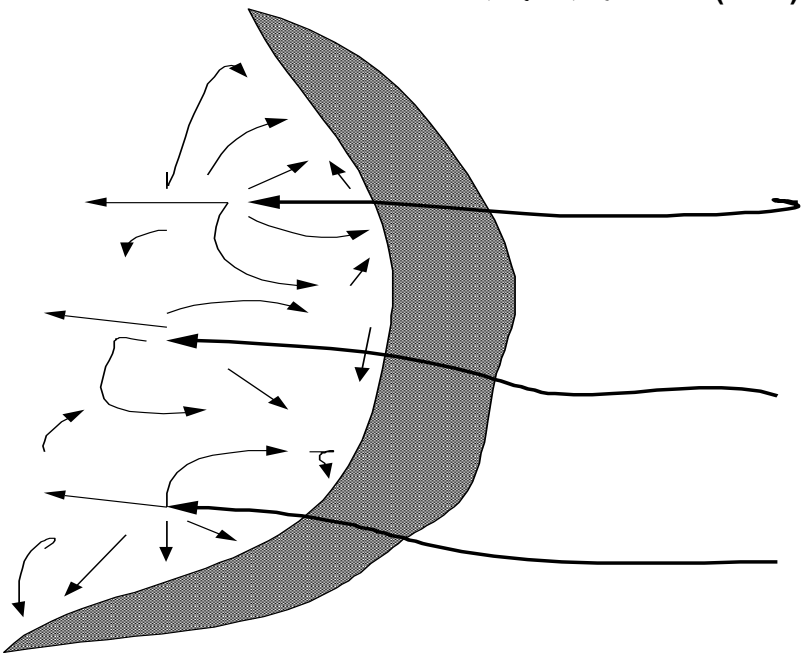


3- الكثبان الهلالية

تعد الكثبان الهلالية نتاج للتغيرات التي تتعرض لها الكثبان المستعرضة القصيرة الامتداد, حيث يعمل جسم الكثيب على تخفيف سرعة الرياح خلفه فتحدث تيارات راجعة ود ورانية او دوامية في

اتجاهات مختلفة والتي تصطدم بالأرض فتحمل ما عليها من رمال وتنقلها الى الكثيب وأطرافه الجانبية التي تنمو باستمرار حتى يتحول الكثيب الى شكل هلالي, شكل رقم(3- 42).
ومن خصائص هذا النوع انه طويل الامتداد وبطيء الانحدار في الجهة المواجهة للرياح وقصير الامتداد وشديد الانحدار في الجهة المعاكسة, وقد تكون اكثر شدة في الانحدار من الأنواع السابقة بتأثير التيارات الراجعة التي تنقل الرمال المتجمعة وراء الكثيب من الوسط نحو الاطراف, كما تكون تلك الكثبان مرتفعة في الوسط ويقل الارتفاعها بالاتجاه نحو الاطراف لأن نصيبها من الرمال اقل لعدم تعرضها الى الرياح المحملة بالرمال بشكل مباشر لامتدادها الى الوراء.
ولغرض التوسع في المعلومات عن الكثبان يمكن تطبيق نفس الإجراءات في النموذج الاول على بقية النماذج , فضلا عن الدراسات التفسيرية التي تحتاجها تلك المظاهر .

شكل رقم (42-3) الكثبان الرملية الهلالية



مراجع الفصل الثالث

1- د. عادل صباح الدين راضي؛ مقياس الرسم وتطبيقاته العملية ، الدار العربية للكتاب، ليبيا 1988ص283.

2- Alan Clowes and Peter Comfort; Process and land form,conceptual forme works in Geomorphology, fifth imprssion, Produced by longman Singapore publishers Pte Ltd, 1986 p. 38

3- د. عادل صباح الدين راضي؛ مقياس الرسم وتطبيقاته العملية, مصدر سابق , ص280- 283.

4- محمد أبو صفط؛ جيومورفولوجية جروف الكار ست شمال الضفة الغربية في فلسطين, بحث منشور في مجلة جامعة النجاح للأبحاث, عدد 12 سنة 1998 ص 162.

5- John Malcolm; Elementary surveying, University Tutorial press LTD, London 1966P.28-29.

6- ياسين عبيد؛ المساحة الهندسية, دار الحكمة للنشر, البصرة 1990ص 122.

7- Alan Clowes and Peter Comfort; Process and Landform, opcit, p41.

8- د. محمد محمد سطيحة؛ دراسات في علم الخرائط مصدر سابق, ص 288.

9- د. محمد صبحي عبد الحكيم وزميله؛ علم الخرائط , مصدر سابق, ص 254- 255.

10- د. احمد مصطفى؛ الخريطة الكنتورية تفسيرها وقطاعاتها, دار المعارف الجامعية الإسكندرية, 1987ص 114.

11- د. حسن الخياط و د. صالح العريض ود. احمد عبد الله ود. بسام النصر ود.محمد الكبيسي ود. فاطمة الكواري, مدخل الى الجغرافيا, جامعة قطر, 1988ص122.

12--Alan Clowes and Peter Comfort; Process and Landform,opcit.p52-53.

13- opcit, p. 55

14- إدوارد جي . تاربوك و فريدريك ك. لوتجنز؛ الارض مقدمة للجيولوجيا الطبيعية, مصدر سابق, ص 211.

15- د. محمد صفي الدين؛ جيومورفولوجية قشرة الارض, دار النهضة العربية للطباعة والنشر, بيروت 1971ص143.

16- د. عدنان النقاش ود. أسا دور همبارسوم؛ الجيومورفولوجيا والجيولوجيا التركيبية وجيولوجية العراق, مطبعة جامعة بغداد 1985ص171.

17- د. محي الدين بنانة؛ الجيوهندسية التطبيقية, مصدر سابق, ص278.

الفصل الرابع

التعرية..... أسبابها ومشاكلها وطرق قياسها

تعد التعرية من العمليات الجيومورفولوجية المتميزة التي تترك آثار واضحة على سطح الارض، حيث عملت بمرور الزمن على على تغيير معالمه وبشكل مستمر وبدون توقف، وبدرجات متفاوتة حسب القوى المسببة لذلك والبيئة التي تحدث فيها جافة آو رطبة, فتنعكس آثارها على النشاط البشري في المناطق التي تتعرض لها ويكمن ذلك في عدة جوانب منها ما يأتي:

1- أضعاف التربة بسبب ما تفقده من عناصر أساسية يعتمد عليها النبات في نموه لذا تنخفض طاقتها الإنتاجية.

2- تقلص مساحة الارض الصالحة للزراعة والاستيطان والأنشطة الأخرى بسبب تعرضها الى التربة بصورة مباشرة من خلال تأكلها اوعن طريق طمرها بالترسبات الناتجة عن التعرية خاصة الرملية أو المالحة.

3- تعرض بعض المنشآت والمشاريع الى التدمير, وخاصة التي تقع قرب ضفاف الانهار او سواحل البحار.(1)

ويتباين عمل التعرية من مكان لاخر متأثرا بما يأتي:

أ- نوع القوى المسببة للتعرية , مياه, رياح, ثلوج.

ب- نوع التكوينات التي تتعرض الى عمليات التعرية صلبة أم هشة.

ج- طبيعة انحدار المنطقة.
د- الغطاء النباتي.
هـ - رطوبة التكوينات.
وتكون التعرية متضامنة في عملها مع والتجوية التي تعمل على تفكيك المفتتات دون نقلها, وبطرق ميكانيكية وكيميائية, ويعتمد ذلك على الظروف المناخية المحلية السائدة, وقد أجريت تجارب لتحديد الظروف التي يحدث فيها التفكك والملائمة لحدوث التحلل, حيث قام(ونيرت) باستخدام اساليب رياضية لتوضيح العلاقة بين التبخر الكامن والتساقط الكلي أثناء ادفيء الشهور وعلاقة ذلك بالتجوية, وكما يأتي:

1- معرفة نسبة التبخر الى التساقط = $R= \frac{Ej}{Pj}$

Ej. التبخر في الشهر الدافيء Pj التساقط في نفس الشهر.

2- مؤشر الفصلية = $D=\frac{12Pj}{Pa}$

Pa. كمية التساقط السنوي, إذا كانت قيمة D اكبر من 1 صحيح فالمطر صيفي واقل من 1 المطر شتوي وإذا كان 1 يعني التساقط موزع على اشهر السنة.

3- نسبة التساقط = $N =\frac{12Ej}{Pa}$

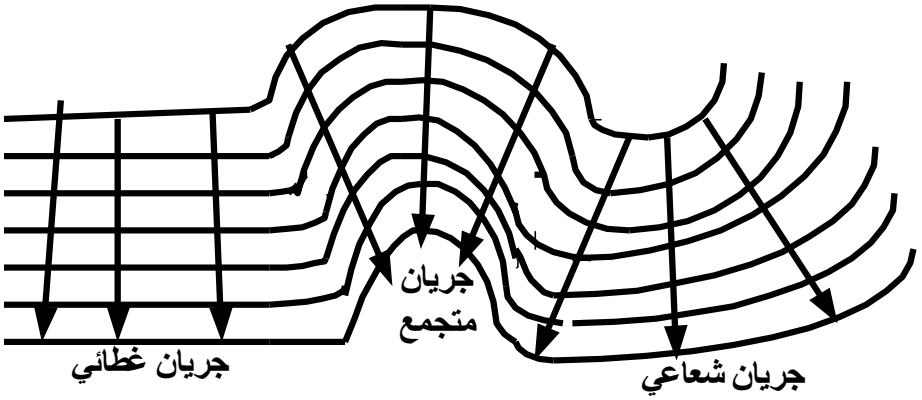
إذا كانت قيمة N اكبر من 5 تكون التجوية الميكانيكية هي السائدة واقل من ذلك تسود التجوية الكيميائية, وإذا كانت القيمة اكبر من 6 فهذا يعني أن التجوية تعمل على إذابة معدن المايكا وإذا اقل من ذلك يعمل على إذابة معدن المنتمورولنايت من الصخور النارية القاعدية والحامضية.[2]
وعلى العموم تسود التعرية الريحية في المناطق الصحراوية والمائية على نطاق واسع في المناطق الرطبة والثلجية في المناطق التي تتساقط فوقها بكثرة. وسيتم تناول كل نوع على حدة .

المبحث الاول: تعرية الأمطار والمياه الجارية:

تعمل الأمطار والمياه الجارية على تعرية سطح الارض وبشكل متباين من مكان لأخر اعتمادا على عدة عوامل منها ما يأتي:

1- كمية الأمطار الساقطة والمياه الجارية.
2- نوع التكوينات السطحية صلبة أم هشة.
3- حجم الرواسب والمفتتات التي تحملها المياه الجارية.
4- معوقات الجريان من كتل صخرية واشجار وغيرها.
5- نوع الانحدار الذي يتحكم بسرعة الجريان والتي يرتبط بها شدة التعرية, كما يؤثر في ذلك شكل الانحدار المار الذكر, ففي المناطق البطيئة الانحدار يكون الجريان غطائي, اما المناطق المحدبة الانحدار فيكون شعاعي, وفي المقعرة متجمع, شكل رقم(4- 1), ويترتب على هذا التنوع من الجريان التباين في التأثير حسب الوضع الذي تتخذه المياه في جريانها.

شكل رقم(4-1) العلاقة بين الانحدار والجريان



6- تأثير النشاط البشري مثل قطع الأشجار ورعي الأعشاب وحفر القنوات وإنشاء السدود والخزانات التي تتحكم بكميات التصريف والتي تتوقف عليها شدة التعرية.

واعتمادا على تنوع العوامل المؤثرة في التعرية المائية تنوعت أشكال التعرية وكما يأتي:

أولا- تعرية الأمطار الحامضية:

تحدث ظاهرة الامطار الحامضية في المناطق التي تتركز فيها المنشآت الصناعية التي تفرز غازات مثل ثاني أو كسيد الكبريت وثاني أو كسيد النتروجين واو كسيد النتريك وثاني أو كسيد الكار بون, حيث ينتج عن اتحاد الماء مع تلك الاكاسيد حوامض مثل حامض النتريك والكبريتيك والكاربونيك , أي تتعرض الى هذه الظاهرة المناطق التي تتركز فيها تلك الملوثات, وهذا لايعني البلدان المنتجة لها فقط بل يشمل جميع المناطق التي تصلها تلك الملوثات خارج حدود الدول المنتجة لها, على سبيل المثال النرويج تتعرض الى التلوث من الدول الصناعية القريبة وكندا تتعرض الى التلوث من الولايات المتحدة, وتعد الامطار الحامضية ذات آثار سيئة تؤدي الى تدمتر التربة الصالحة للزراعة وتدهور إنتاجيتها بسبب ارتفاع نسبة الحموضة فيها, ومن أثارها هو ما ينتج عنها من تعرية وتجوية بسبب تفاعل تلك الأحماض مع بعض المعادن والعناصر التي تتضمنها بعض الصخور فتترك حفر صغيرة فيها تمثل نقاط ضعف في تلك الصخور لتركز عمليات التعرية والتجوية اللاحقة في تلك المواضع, وتظهر آثار ذلك واضحة في واجهات الأبنية التي بنيت بالصخور, وفي طبقات الصخور السطحية وخاصة الصخور التي تتضمن فواصل وشقوق تسمح لتلك الامطار بالتسرب الى داخلها فتنشط عمليات التجوية والتعرية فيها فتقلل من صلابتها وتماسكها, كما تؤثر تلك الظاهرة على التماثيل والآثار في الميادين العامة والأبنية التاريخية , ويظهر التأثير واضحا في الأجزاء أو الجهات المواجهة للرياح والتي تدفع الامطار بقوة نحوها فتظهر آثارها واضحة فيها اكثر مما في الجهات الأخرى الواقعة في الاتجاه المعاكس لهبوب الرياح, ولا يقتصر تأثير تلك الامطار على ذلك بل تؤثر على صحة الانسان وتسبب له العديد من الأمراض, وتزداد الحالة سوءا في المناطق التي تتعرض الى الانقلاب الحراري الذي يعمل على تركز الملوثات في المكان الذي يحدث فيه فتكون النتائج وخيمة مادية وبشرية .[3]

ثانيا- التعرية الناتجة عن تساقط المطر (تعرية تصادمية):

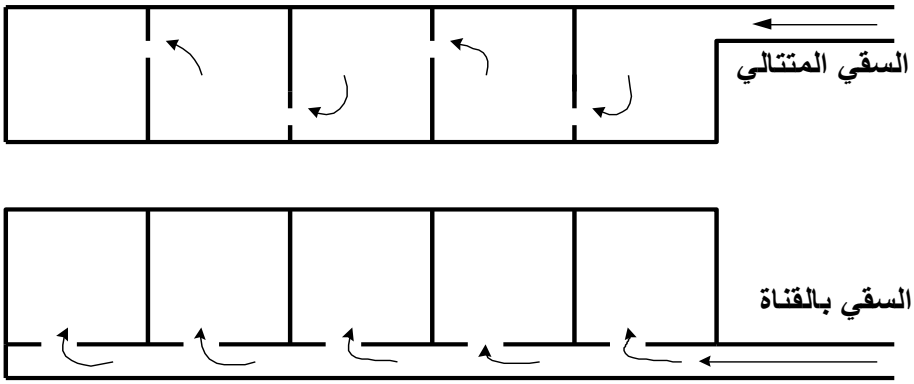
يحدث هذا النوع من التعرية في المناطق التي تسقط فيها الامطار على شكل زخات مطرية شديدة وقطرات كبيرة الحجم, فيحدث ما يشبه القنبلة عندما تصطدم بالأرض فينتج عنها تفتت حبيبات التربة المتماسكة فتحولها الى حبيبات منفردة تقفز مع أجزاء قطرة الماء المتناثرة نحو الجوانب, ويظهر ذلك بشكل واضح على المنحدرات حيث تنتقل الأجزاء المتناثرة نحو اسفل المنحدر اكثر من الانتقال الى الأعلى بفعل قوة الجاذبية والتي يترتب عليها جريان المياه نحو الأسفل فينتج عنها جرف تربة تلك السفوح.(4)
وتتوقف قوة تأثير الامطار على نوع التربة حيث يزداد في الترب المفككة ويقل في المتماسكة, كما يزداد في المناطق الخالية من الغطاء النباتي ويقل في المناطق التي يتوفر فيها غطاء نباتي الذي يعمل على إضعاف قوة سقوط المطر ويزيد من قوة تماسك التربة والحد من سرعة الجريان بالتالي الحد من الآثار الناتجة عن الامطار في تلك المنطقة, كما يؤثر الانحدار حيث يزداد التأثير مع شدة الانحدار وبالعكس.

ثالثا- التعرية الغطائية(الانجراف الصفيحي):

تتجمع مياه الامطار فوق الأراضي المنبسطة البطيئة الانحدار وعلى شكل طبقة متماثلة السمك خاصة فوق الارض المنتظمة الانحدار وكمية الامطار الساقطة تفوق ما يتسرب في التربة, فتتحرك تلك المياه المتجمعة نحو جهة الانحدار وبسرعة بطيئة جارفة معها المواد المفككة على شكل مادة عالقة أو ذائبة.
يسود هذا النوع من التعرية في المناطق الصحراوية الخالية من الغطاء النباتي او لقلته, حيث تتعرض الى الجفاف لفترة طويلة فتنشط فيها عمليات التجوية على نطاق واسع مما يزيد في نسبة المواد المفككة التي تجرفها المياه بسهولة فتنقلها الى المكان الذي تتجمع فيه, وعادة يكون منطقة منخفضة عن ما يجاورها فتبقى الرواسب في مكانها بعد جفاف المياه, وقد نتج عن هذه العملية تكون الفيضات في المناطق الصحراوية على مساحات واسعة والتي تعد من افضل المناطق لنمو النباتات والأعشاب, كما أنها من المناطق الصالحة للزراعة الديمية أو البعلية لخصوبة تربتها ولاحتفاظها بالرطوبة فترة طويلة خاصة وأنها موضع لتجمع المياه, أي أن المياه نقلت ما تحتويه التربة التي مرت فوقها من عناصر ومعادن الى مكان تجمعها فحسنت خصائص التربة فيه ولكن عملت على أضعاف التربة التي نقلتها منها.
ومن الجدير بالذكر ربما يترتب على هذه العملية نتائج سيئة إذا كانت موضع تجمع المياه عميقا وتنصرف أليها مياه سطحية وجوفية, بحيث يبقى منسوب المياه الجوفية مرتفعا فتتحول ارض تلك المناطق الى سبخات ترتفع فيها نسبة الملوحة ولا تصلح لأي نشاط بشري.
وتعد تلك الأماكن في الغالب من مكامن المياه الجوفية في المناطق الصحراوية إذا كانت تكويناتها تحت السطحية تساعد على الاحتفاظ بالمياه المتسربة إليها, أي قليلة المسامية.
ومن الجدير بالذكران عملية التعرية الغطائية لاتقتصرعلى المناطق الصحراوية فقط بل تحدث في الأراضي الزراعية التي تروى بالواسطة, بعد أن تقسم الارض الى مساحات صغيرة مابين 20و50م^2 في المناطق المنحدرة وكبيرة مابين 100و 250م^2 في المناطق المنبسطة, وتسمى هذه المساحات الصغيرة الألواح والتي يتم سقيها اما على التوالي في حالة عدم توفر قناة أو ساقية تصل الى جميع الألواح من البداية الى النهاية, بل تصل الى أول لوح فيتم سقيه ومن ثم تفتح المياه الى المجاور له وعلى التوالي حتى تسقى جميع ألا لواح, أن انتقال المياه من لوح الى أخر تنقل معها

المواد العالقة والذائبة الى الذي يليه وبالنتيجة تتركز تلك المواد في الألواح الأخيرة لذا تقل خصوبة الاولية وترتفع في الأخيرة, شكل رقم(2-4 أ) ويظهر ذلك واضحا في كمية الإنتاج إذ تكون في ألا خيرة اكبر من الاولية, والتي ربما تتحول الى ارض غير منتجة إذا استمرت العملية طويلا.
وعليه يجب الابتعاد عن هذا الأسلوب واستخدام أسلوب الري بواسطة القنوات التي تصل الى كل لوح لسقيه والاحتفاظ بمياهه والمواد العالقة والذائبة وعدم انتقالها الى مكان أخر, شكل رقم(4-2ب).
ويمكن معالجة انجراف التربة في المناطق الصحراوية من خلال عمل سداد ترابية صغيرة تعرقل انتقال المياه من مكان لاخر والتي تعمل على حجز المياه في مساحات محددة ولاتسمح له بالانتقال وبذلك تقل عملية انجراف التربة, وتكون المسافة بين سد واخر متباعدة في المناطق المنبسطة ومتقاربة في المناطق المنحدرة.

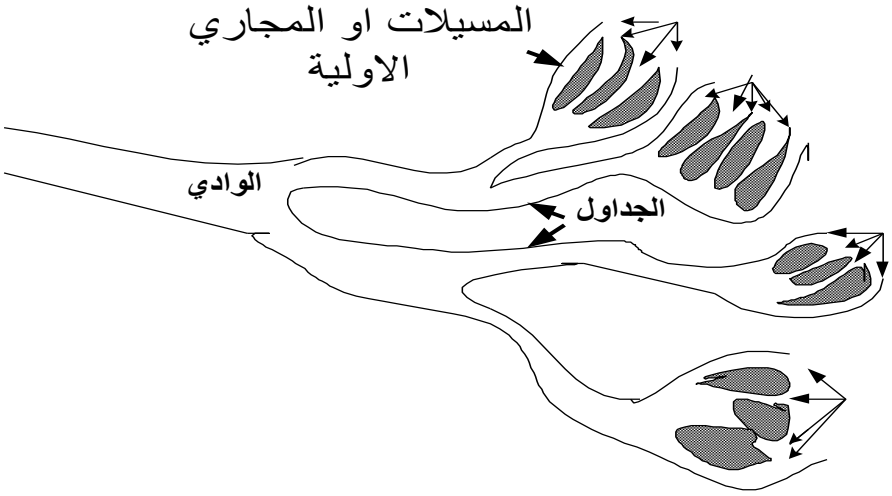
شكل رقم(4- 2)السقي على التوالي وبواسطة قناة



رابعا- تعرية المسيلات المائية (Rills Erosion)

تنتهي بعض المناطق المنبسطة التي يحدث فيها جريان غطائي بانحدار اكثرميلاً من انحدار الارض الاعتيادي, فيترتب على ذلك زيادة سرعة الجريان فينتج عن ذلك تكون مجار بدائية صغيرة وضيقة وقصيرة ومتوازية تزيد من قدرة المياه على التعرية, وتكون اكثر وضوحا في المناطق التي توجد فيها أخاديد صغيرة وفجوات فتعمل التعرية على توسيعها وتوصيلها ببعضها لتشكل مجرى واحد تجري فيه المياه فتزداد عمليات التعرية فيتوسع المجرى بمرور الزمن وتزداد طاقته الاستيعابية, شكل رقم(4- 3).

شكل رقم(4-3) المسيلات والجداول



خامسا- التعرية الأخدودية(الجداول) (Gullies Erosion)

تتكون الجداول من التقاء المسيلات القصيرة والصغيرة فتكون اكثر سعة وطولا منها لذا تزداد كمية المياه الجارية فيها ومن ثم قدرتها على التعرية فتعمل على تعميق وتوسيع تلك الجداول فتكون ذات أبعاد واضحة, وكما موضح في الشكل السابق, وهذا ما يجعل المياه الجارية فيها لها القدرة على جرف الجلاميد وقطع الصخور الصغيرة, وتعد تعرية المسيلات ذات أثار سلبية على الزراعة الديمية أو البعلية المعتمدة على الامطار, حيث تعمل على تأكل مساحات واسعة من الأراضي المزروعة او الصالحة للزراعة, والتي تكون هشة بسبب حراثتها المستمرة وتركز الجريان فوقها وهذا ما يزيد من تعرية تربة تلك المناطق وخاصة عند حدوث زخات مطرية شديدة, وعليه يجب اتخاذ بعض التدابير لحماية تلك الأراضي ومنها ما يأتي:

1- حراثة الارض بشكل يتعامد على اتجاه الجريان لتقليل سرعة جريان الماء وقدرته على التعرية.
2- عمل سدود ترابية صغيرة تتعامد على اتجاه الجريان وعلى مسافات تتناسب مع انحدار الارض تؤدي الى تقليل سرعة الجريان وعدم تركيزه في موضع محدد, كما تعمل على انتشار المياه الجارية على مساحة اكبر من الارض.
3- حراثة التربة في بداية فصل الامطار للاستفادة منها منذ بداية تساقطها في زيادة تماسك التربة وقلة تعريتها في فترات التساقط اللاحقة.
4- عمل سدود صغيرة على الأخاديد للحد من سرعة الجريان والتعرية.
5- الحفاظ على الغطاء النباتي من خلال الحد من الرعي الجائر.[5]

ساد سا- تعرية الأودية (Ravine Erosion) :

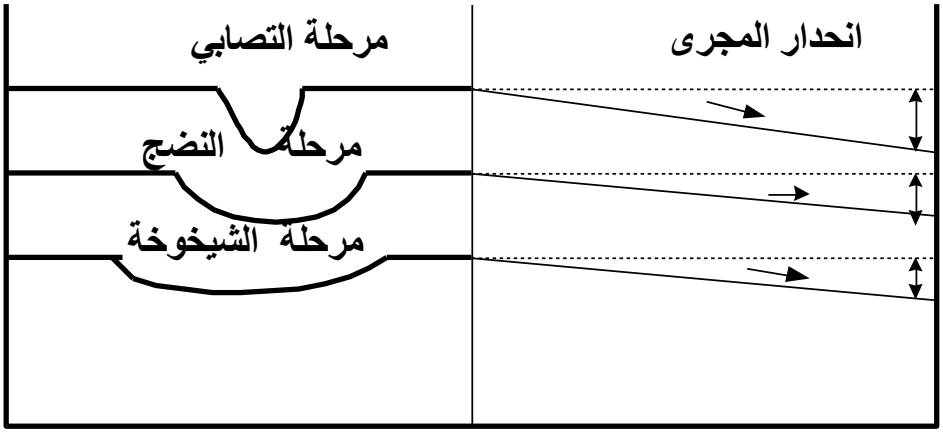
تتكون الأودية الكبيرة من التقاء عدد من الجداول والمسيلات مع بعضها فينتج عنها واد واسع وعميق فتزداد طاقته الاستيعابية من المياه والتي تكون قدرتها على التعرية كبيرة, شكل رقم(3-4) وقد يكون لتعرض الأودية الى الجفاف فترة طويلة دور كبير في تعميقها وتوسعها بسبب نشاط

عمليات التجوية التي تؤدي الى تفكك مكوناته السطحية في القاع والضفاف فتسهل عملية تعريتها عند تعرضها الى السيول, لذا يتغير لون مياه الانهار التي تصب فيها الأودية الصحراوية عند حدوث السيول حسب لون الرواسب التي تجلبها, ففي نهري دجلة والفرات على سبيل المثال ذات لون رمادي او احمر, وتنعكس أثار عمليات التعرية والارساب على النشاط البشري لما تسببه من تدمير للجسور والطرق على الأودية الصحراوية, في حين تعمل الرواسب على دفن قنوات الري ومنشأته, وتدمير المحاصيل الزراعية التي تتعرض الى الفيضان فتغطيها الرواسب.
وهذا لايعني أن الرواسب غير مفيدة بل تعد ذات أهمية كبيرة في إضافة طبقة الى التربة تزيد من خصوبتها لماتضيفه من معادن وعناصر تزيد من قدرتها الإنتاجية.

سابعا- التعرية المائية في مجاري الأنهار وأوديتها وكيفية الحد منها:

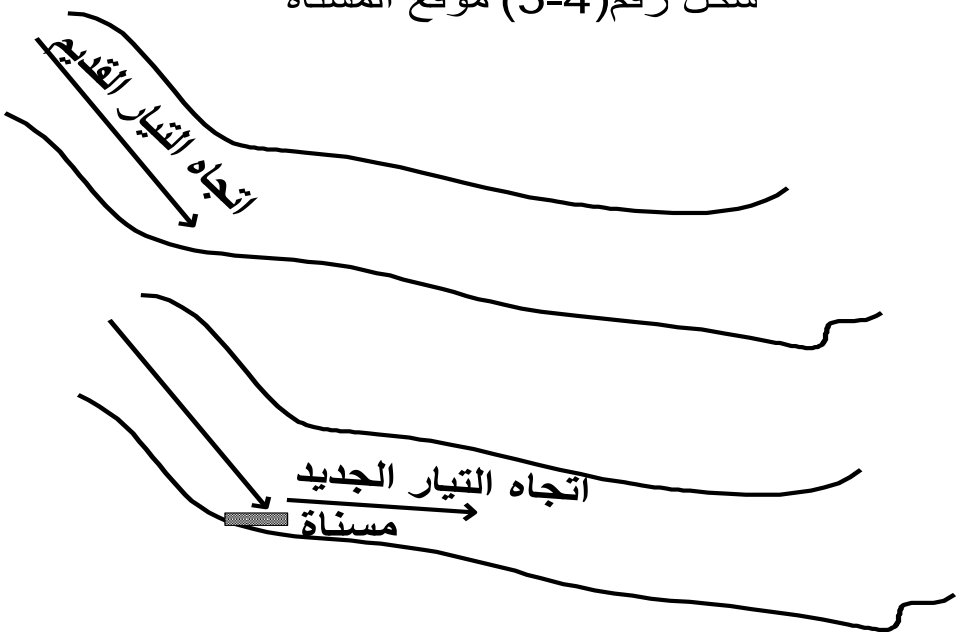
يعد وادي النهر مسرحا لعملياته المختلفة من تعرية وار ساب والتي يترتب عليها تكون العديد من الإشكال الأرضية, ويعتمد ذلك على كمية التصريف وطبيعة تكوينات المجرى وانحداره, لذا تتباين العمليات النهرية من فترة لأخرى ومن مكان لاخرضمن المجرى من منبعه الى مصبه, وقد تطرق وليم موريس ديفز الى ذلك وقال أن النهر يمر في مراحل ولكل مرحلة خصائص معينة, وقد يمر النهر في تلك المراحل في أن واحد وكما يأتي:
1- مرحلة الشباب او التصابي في أعلى مجرى النهر إذ يكون المجرى ضيقا وشديد الانحدار وسريع الجريان لذا تتركز التعرية في قاع المجرى, أي تكون التعرية رأسية فيتعمق المجرى, وقد ترتب على ذلك ظهور مجاري الانهار على شكل خوانق وتتضمن بعضها مساقط مائية ومسارع, وتعد مثل تلك المجاري غير صالحة للملاحة.
2- مرحلة النضج ويمر بها وسط المجرى حيث يقل انحدار المجرى ويتسع لذا تنخفض سرعة الجريان فتحدث تعرية في القاع والضفاف فتتكون أشكال مختلفة ناتجة عن التعرية والارساب والتي تختلف عما في المرحلة السابقة, وربما يغير النهر مجراه لمرات عدة ضمن واديه تاركا وراءه البحيرات الهلالية(ox-bow) والمدرجات النهرية(Terraces), ويتضمن هذا الجزء من المجرى المنعطفات وتشهد الضفاف ترجع بعضها نحو اليابس بسبب التعرية وتقدم بعضها بسبب عمليات والارساب, وتنعكس أثار ذلك على النشاط البشري كالاستيطان والطرق والزراعة والري وغيرها من مشاريع تقع قرب الضفاف.
3- مرحلة الشيخوخة أدنى مجرى النهر حيث يقل انحداره ويتسع مجراه فتقل سرعة الجريان والتعرية ويزداد الترسيب فتكثر الجزر والد لتوات, ولذلك يكون مجرى النهر في وضع مختلف عن ما عليه في وعلاه وسطه من حيث الشكل العام والانحدار والمظاهر, شكل رقم(4-4).

شكل رقم(4-4) المراحل التي يمربها النهر
وطبيعة انحدارها

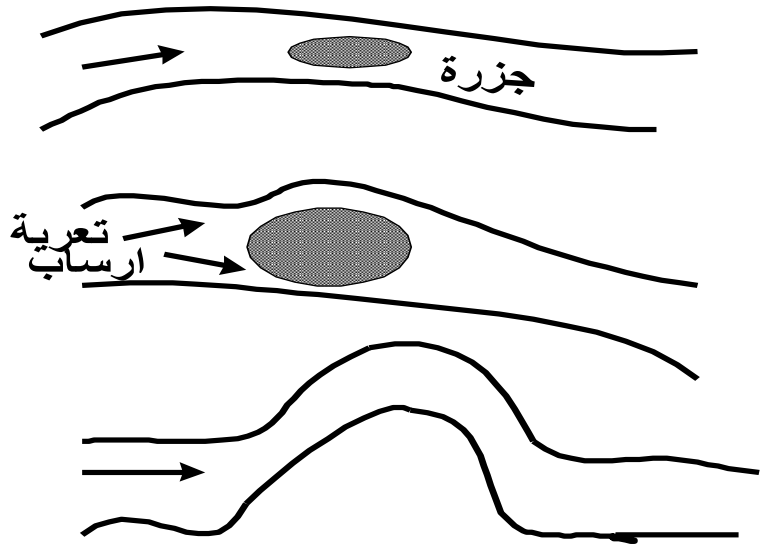


ولغرض الحد من آثار التعرية النهرية ومخاطرها يمكن اتخاذ بعض الإجراءات منها ما يأتي:
1- رصف ضفاف الانهار عند المناطق الحضرية بالصخور او الكتل الكونكريتية لمنع حدوث التعرية في تلك المناطق وبالتالي حماية الأبنية والمنشآت المقامة على ضفاف الانهار من مخاطر التعرية.
2- عمل مسنات صخرية او كونكريتية أمام المناطق التي تتعرض للتعرية لابعاد التيار عنها, ويجب ان يكون وفق قياسات دقيقة من حيث امتداد المسنة في المجرى والزاوية التي تتخذها بالنسبة للضفة التي تمتد منها لتجنب تحول التيار الى الضفة الثانية فيعمل على تعريتها في حالة عدم دقة عمل تلك المسنات والتي تكون مهمتها الأساسية تحويل مسار التيار عن المناطق المعرضة الى التعرية نحو وسط المجرى, شكل رقم(4- 5).
3- عدم السماح للجزر بالتوسع والثبات في مجاري الانهار لفترة طويلة لأنها تعمل على تقسيم المجرى الى فرعين يمران من جانبيها أحدهما قوي الجريان والأخر ضعيف فتتركز في الجانب القوي التعرية وفي الجانب الضعيف الترسيب, وبمرور الزمن يتسع جانب التعرية ويضعف جانب الترسيب حتى يتوقف عن الجريان فتلتحم الجزرة بالضفة فتكون جزء من اليابس ويحدث انعطاف في المجرى, شكل رقم(4-6), وربما تتكرر هذه الحالة في عدة أماكن ضمن المجرى وتكون لها اثار سلبية على النشاط البشري على جانبي المجرى, اذ تتعرض المنشآت الواقعة على الضفة التي تتعرض الى التعرية الى مخاطر كبيرة ربما تعمل على تدميرها وأزالتها من موضعها إذا كانت قريبة من المجرى والتعرية قوية, اما في جهة الإرسال فقد يؤدي ذلك الى ابتعاد المجرى عن المناطق العمرانية او الزراعية ويحتاج إيصال الماء أليها شق قنوات واقامة محطات ضخ جديدة وهذه عملية مكلفة.

شكل رقم(4-5) موقع المسناة



شكل رقم (4-6) تطور الجزر في مجاري الانهار

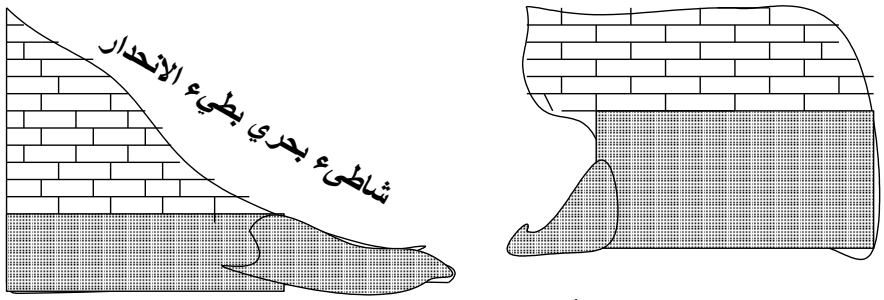


المبحث الثاني: التعرية البحرية وكيفية حماية السواحل:
اولا- التعرية البحرية:

تتعرض الشواطئ البحرية لعمليات التعرية وبدرجات متفاوتة حسب طبيعة العوامل التي تتحكم بها, وهي ناتجة عن فعل الأمواج والمد والجزر والتيارات البحرية ويكون تأثيرها من خلال ما يأتي:
1- الفعل الهيدروليكي للأمواج:
ينتج عن اصطدام الأمواج بالشواطئ انضغاط الهواء الموجود أمامها في الشقوق والفواصل التي تتضمنها مكونات السواحل وخاصة الطبقات الصخرية التي تتضمن كسور وفواصل وفوالق, حيث تعمل الأمواج على دفع الهواء بقوة كبيرة وبسرعة نحو الشاطئ فيدخل في الشقوق والفواصل والكسور وبعد تراجع الموجة السريع ومن ثم الهواء يحدث صوت انفجاري شديد, وبتكرار العملية تتوسع الشقوق والفواصل فتزداد عمليات التعرية والتجوية وما يترتب عليها من عمليات هبوط وانزلاق ومن ثم تراجع السواحل ويكون على نطاق واسع في السواحل التي تتضمن طبقاتها الصخرية فوالق كبيرة , إذ تتركز التعرية والتجوية فيها لذا تظهر على شكل السنة او قنوات تمتد نحو اليابس بعضها بشكل ظاهر من أعلى الى اسفل طبقة وفي بعض الأماكن يكون في الطبقات تحت السطحية أي غير ظاهر, وتعد هذه الظاهرة ذات مخاطر على الأبنية والمنشآت والطرق المقامة قرب تلك السواحل, وقد أدت الى تدميرها في مناطق عدة.

2- اصطدام الجلاميد والزلط والكتل الصخرية الصغيرة التي تحملها الأمواج او تحركها على القاع نحو الأجزاء السفلى من الشواطئ فتصدم بها بقوة حسب قوة الموجة فتعمل على تأكلها, ويظهر تأثيرها واضحا في المناطق الحرفية إذ تسهم هذه العملية مع العوامل الأخرى في تعرية الطبقات السفلية حتى يتحول بعضها الى كهوف او ممرات مائية في داخل الطبقات الصخرية او تؤدي الى انهيار الكتل التي تعلوها.
3- التجوية ناتجة عن عمل مياه البحار والتي تعمل على إذابة الصخور الضعيفة التماسك, او تحدث التجوية لتفاعل بعض المعادن والأملاح التي تحتويها مياه البحار مع بعض المعادن والعناصر التي تتكون منها صخور السواحل, كما تحدث التجوية نتيجة لقوة هبوط المياه فوق أعلى الشواطئ عندما تتعرض الى أمواج عالية وحدوث العواصف والأعاصير, حيث ينتج عن الاصطدام الشديد للماء في مقدمة الشواطئ وخاصة الجرفية ارتفاع المياه الى عدة أمتار مندفعا نحو اليابس لمسافة عدة أمتار وتهبط بقوة محدثة أثار واضحة في تكوينات تلك المناطق حيث تعمل على تفكك التكوينات الضعيفة كما تدخل المياه في المسامات والشقوق والكسور فتعمل على تجويتها فتتوسع بمرور الزمن وتتحول الى مواضع ضعف في مكونات السواحل يسهل تحطيمها عند التعرض الى تأثير عوامل أخرى.
وقد لا يقتصر تأثير ذلك على مكونات السواحل فقط بل على ما موجود من منشآت وابنية وطرق.
أن تأثير الأمواج على الشواطئ يختلف من مكان لأخر متأثرة بعدة عوامل منها ما يأتي:
1- درجة انحدار الشاطئ , إذ يكون التأثير في الجرفية الشديدة الانحدار اكبر من البطيئة الانحدار, شكل رقم(7-4).

شكل رقم(4- 7) سواحل شديدة وبطيئة الانحدار

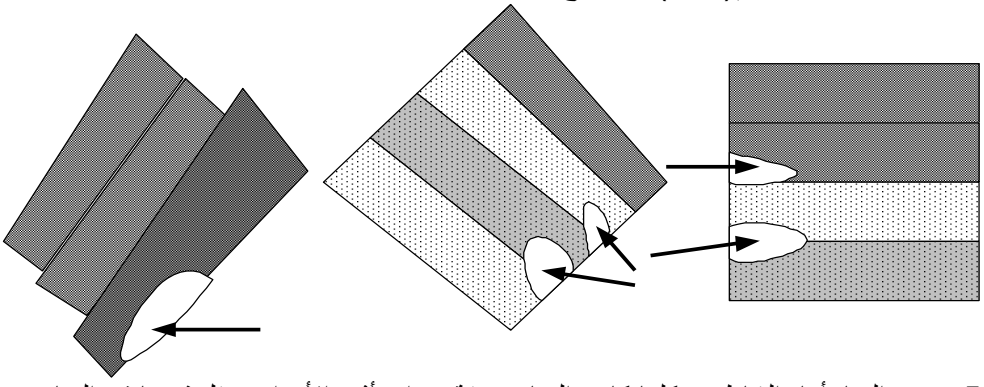


2- اتجاه الموجة نحو الشاطئ , تؤثر الأمواج التي تتجه بصورة عمودية على الشواطئ اكثر من التي تكون بشكل مائل, كما يكون التأثير كبيرا في السواحل المفتوحة أمام عمل الأمواج, أي خالية من التعرجات والمعوقات التي تحد من قوة الأمواج.

3- نوع وحجم المواد المفككة التي تستخدمها الأمواج كأدوات للنحت والتعرية, إذ يكون التأثير واضحا إذا كانت تلك المواد من الحصى والجلاميد والكتل الصخرية, ويقل تأثيرها عندما تكون مفتتات ناعمة.

4- نوع مكونات الشواطئ , تتكون الشواطئ من طبقات صخرية او مواد هشة ضعيفة التماسك من الرمل والطين والجلاميد والتي يسهل تعريتها, اما في الطبقات الصخرية فالتأثير يتباين من مكان لاخر ويعود ذلك الى بنية وتركيب تلك الطبقات وما تتضمنه من تراكيب ثانوية كالفواصل والشقوق والفواق, إذ تتخذ بعض الطبقات الصخرية وضعا انقيا في امتدادها وهذا يجعل تأثير الأمواج عليها كبيرا لانه يتركز في الفواصل والشقوق بشكل مباشر, وفي بعض المواضع تتخذ الطبقات وضع مائل باتجاه المياه أي نحو الأمام فتكون الفواصل والشقوق في وضع مائل على مسار الأمواج لذا يكون التأثير اقل من السابق, اما الوضع الأخر فهو ميل الطبقات نحو اليابس الى الوراء لذا لا تؤثر الأمواج بشكل مباشر على فواصل تلك الطبقات بل يتركز التأثير في الشقوق التي تتضمنها حيث يزداد بزيادتها, شكل رقم(4- 8).

شكل رقم(8-4) أوضاع الطبقات الصخرية المكونة للسواحل



5- عمق المياه أمام الشاطئ , كلما كانت المياه عميقة يزداد تأثير الأمواج وتقل قوتها في المياه الضحلة التي تعمل على تكسرها قبل وصولها الى الشواطئ .

6- قوة الأمواج التي تتباين من مكان لاخر حسب خصائصها العامة المتمثلة بارتفاعها وطولها وشدتها وتكرارها, لذا تكون قوتها ضعيفة في بعض الأحيان ولا تتجاوز بضع كغم/ م^2 في حين تكون قوتها كبيرة وتصل الى 3000كغم/ م^2 , ومن اكثر الأمواج قوة المصاحبة للأعاصير وتصل الى اكثر من 10000كغم/ م^2 والتي تكون مدمرة ويصل عدد مرات اصطدامها بالشاطئ 14 مرة في الدقيقة.(6)

7- التعاقب الطبقي في بنية تكوينات السواحل حيث توجد طبقات ضعيفة تعلوها طبقات صلبة لذا تتركز عمليات التعرية والتجوية في تلك الطبقات فتعمل على تقويضها فتتحول الى كهوف تتخذ أشكال متباينة حسب طبيعة سمك وامتداد تلك الطبقات, وقد تكون ضيقة وطويلة أو عريضة فينتج عنها انزلاق او انهيار الطبقات التي فوقها.

8- مصبات الانهار والأودية الجافة في البحار والتي تسهم في تفكك الصخور والتكوينات الساحلية لما تحدثه من تعرية وتجوية والتي تظهر واضحة من امتداد تلك المصبات بشكل متداخل مع اليابس وبأشكال مختلفة حسب نوع مكونات الساحل صلبة أم هشة , فعند مصبات الأودية الجافة تقوم المياه الجارية فيها أوقات سقوط الامطار بتعرية التكوينات السطحية و تجوية الطبقات التي تحتها فتعمل على تفكيكها ويزداد التأثير في التكوينات التي تتضمن فوالق تعجل في عمليات التعرية والتجوية وتراجع الشواطئ لتضامن التعرية السفلية لمياه البحر مع العلوية لمياه الوادي.

ثانيا- حماية الشواطئ من تأثير الأمواج:

تعد السواحل من المواقع التي تستغل بأنشطة متنوعة رغم أنها تقع تحت تأثير الأمواج التي تؤدي الى تدمير القريبة من الشواطئ, وعليه يجب اتخاذ بعض الإجراءات ومنها ما يأتي:

1- عمل حوائط كونكريتية أمام الشواطئ ويفضل أن تكون على عمق معين بحيث لا يتعرض أسفلها الى تأثير الأمواج فيقلل من أهميتها.

2- عمل حواجز من الكتل الصخرية الكبيرة وذات تركيب معدني لا يتأثر بملوحة مياه البحار.

3-عمل مسنات او حواجز من كتل صخرية او أسمنتية وعلى شكل متوازي ولمسافات قصيرة لا تتجاوز بضعة أمتار للحد من قوة الأمواج قبل الوصول الى الشاطئ .

4- قطع الأجراف الشديدة الانحدار التي تتعرض الى عمليات مختلفة من تعرية وانزلاق وهبوط وتحويلها الى معتدلة او بطيئة الانحدار , إذ توضع الأجزاء المقطوعة إمام التكوينات الأصلية لحمايتها من الأمواج.

5- الحد من تأثير مجاري الأنهار والأودية الجافة من خلال عمل مصاطب او مسارع او قنوات كونكريتية للحد من آثار المياه الجارية على تكوينات الشواطئ .

6- غرس أشجار المنجرف في المناطق التي تتوفر فيها تكوينات وظروف ملائمة, والذي من خواصه القدرة على النمو في المياه المالحة.

7- أبعاد المنشآت والطرق عن الشواطئ مسافة كافية تكون فيها بعيدة عن المخاطر الناتجة عنها.

المبحث الثالث – تعرية وتجوية المياه الجوفية

تؤثر المياه الباطنية على التكوينات تحت السطحية ميكانيكيا وكيميائيا فيترتب على ذلك عمليات انزلاق وهبوط تعمل على أضعاف تماسكها, وقد ينتج عن عمل تلك المياه تكون مجاري مائية

باطنية والتي تتوسع بمرور الزمن لنشاط عمليات التعرية والتجوية وخاصة الكيميائية عندما يتحول الماء الباطني الى حامض مخفف لذوبان بعض الأكسيد فيه مثل حامض والكاربونيك الناتج عن ذوبان ثاني أو كسيد الكار بون في الماء [$Co_2+ H_2o= H_2Co_3$] والذي يتفاعل مع الصخور الجيرية (كربونات الكالسيوم) فتتحول الى مادة ذائبة هي بيكاربونات الكالسيوم [$H_2Co_3+ Caco_2= CaH_3(Co_3)_2$] وقد تنتقل المواد الذائبة مع الماء المتحرك وتترسب في الفواصل والشقوق أو تخرج مع مياه الينابيع, وينتج عن عمل المياه الجوفية تكون كهوف مختلفة الأبعاد واوسعها التي تظهر في الصخور الجيرية وحسب امتداد الطبقات الصخرية, ففي مناطق الامتداد الأفقي الكهوف واسعة ومنخفضة وفي منا طق الامتداد الرأسي آو العمودي الكهوف ضيقة ومرتفعة,أي آن عمليات التعرية والتجوية تتركز في الفواصل والشقوق التي تتضمنها الطبقات والتي تتخذ اتجاهات أفقية آو عمودية فتحدد الشكل العام للكهف.

وتتطور الكهوف في المناطق الرطبة بسرعة اكبر مما في المناطق الجافة , وعليه أن ماتتضمنه المناطق الجافة من كهوف لا يعود الى الوقت الحاضر بل الى العصور المطيرة والجليدية(عصر البلايستوسين),و للكهوف اثر كبير في حياة الانسان ونشاطاته في الماضي والحاضر إذ كانت تمثل الملجأ الأمن لسكن الانسان في العصور القديمة لحمايته من الظروف المناخية والحيوانات المفترسة, اما في الوقت الحاضر فأنها تعد من مصادر النترات التي تستخدم في صناعة المفرقعات والأسمدة الكيميائية وهي من فضلات الطيور التي تحتمي في تلك الكهوف.

كما تعد من المواقع السياحية المهمة في مناطق عدة من العالم مثل لبنان توجد مغارة جعيتا وفي ولاية كنتكي الأمريكية كهف ماموث والذي كان سببا في أنشاء منتزه قومي في تلك المنطقة مساحته 240كم^2 , ويتكون الكهف من خمس مستويات يصل عمقها الى 110م, ويجري في المستوى الأخير منه نهر باطني يسمى Echo والذي يصب بعد خروجه من الكهف في نهر جرين أحد روافد نهر اوهايو, ويصل امتداد ممرات هذا الكهف عدة كيلومترات يتراوح ارتفاعها مابين 1و30م ,

وتنتشر الكهوف أيضا في الدول الأوربية مثل سويسرا وفرنسا والنمسا ويوغسلافيا.

وتستخدم الكهوف في بعض الأحيان كملاجئ للوقاية من الحروب الذرية او كمخابئ سرية لاخفاء بعض الأمور او المواد التي تود بعض الدول إخفاءها.

وقد تتعرض بعض الكهوف الى الانهيار فينتج عنها جسور طبيعية مثل ما حدث في فرجينيا.[7]

ومن المظاهر الناتجة عن المياه الجوفية الحفر البالوعية التي يتكون بعضها بشكل تدريجي وبطيء فتكون قليلة العمق وذات جوانب متوسطة الانحدار, والبعض يتكون بشكل سريع فتكون ذات جوانب شديدة الانحدار وعميقة وواسعة ومعظمها يوجد تحت سطح الارض, لذا تتعرض الطبقات الرقيقة التي تغطيها الى الانخساف او الهبوط فينتج عنها أضرار مختلفة وهذا ما حدث في حديقة ونتر بولاية فلوريدا عام 1981 والذي تسبب في هدم منزل وحوض سباحة المدينة وعدد من السيارات الواقفة بالقرب منه, ولم تكن الأولى من نوعها في تلك المنطقة بل البالوعة الثالثة خلال أسبوعين, ويعتقد البعض أن سببها انخفاض منسوب المياه الجوفية التي كانت ترتكز عليها , ويتميز نظام صرف المياه في المناطق البالوعية بعدم وجود نظام صرف سطحي بل تنصرف المياه نحو البالوعات.[8]

ومن المشاكل الأخرى الناتجة عن المياه الجوفية هو عند سحب كميات كبيرة من تلك المياه الموجدة في طبقات سميكة من الرواسب غير المتماسكة فيؤدي سحب المياه الى ترك فراغات خلال تلك الرواسب فتتحرك نحو الأسفل فيحث انخساف في تلك المواضع , وهذا ما حدث بمنطقة سان جوان في كاليفورنيا حيث تسبب سحب المياه الى مستوى 30م انخساف الى حوالي 3م, وكذلك ما حدث في المكسيك فقد حفرت عدة أبار في منطقة كانت بحيرة قديمة فادى ذلك الهبوط الارض في بعض

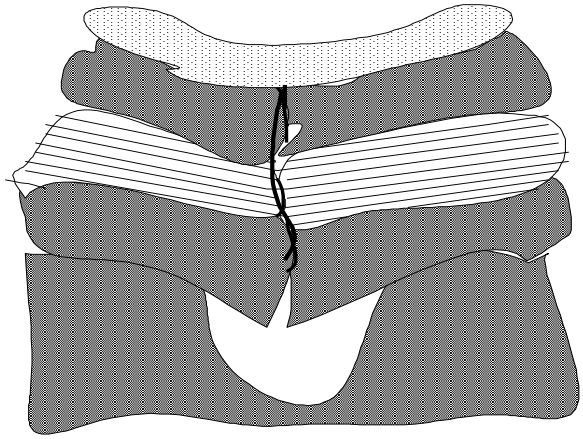
المواضع مابين 6و7 م والذي أدى الى هبوط بعض العمارات بحيث انطمر الدور الاول وتحول مدخلها الى الدور الثاني.[9]

وقد تكون الفجوات الكارستية التي تتضمنها الصخور الجيرية على عمق بضع أمتار ولايمكن التعرف عليها ألا بدراسة متعمقة للموضع, ويحدث في بعض الأحيان كسر في الطبقات الواقعة فوق تلك الفجوة والذي يكون غير واضح في الطبقات السطحية, فعند إقامة أبنية فوق تلك المواضع سيؤدي ذلك الى زيادة الضغط على منطقة الضعف فتهبط الطبقة المكسورة نحو الأسفل والتي تؤدي الى تدمير البناء المقام فوقها, شكل رقم(9-4).

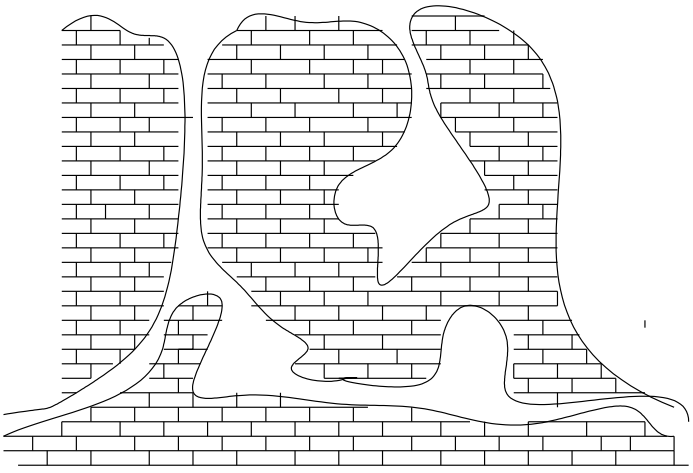
وهذا ما حدث في أرمينيا عام 1939 عندما كان أحد الفلاحين يقود جراره فوق إحدى الفجوات فهبطت به الى عمق 52م, وعليه تحتاج مناطق الصخور الجيرية الى دراسة مستفيضة لأنها تكون صلبة في مظهرها ألا أنها متآكلة من داخلها.[10]

ومن نتائج عمل المياه الجوفية توسيع الفواصل والشقوق الصخرية تدريجيا فتحولها الى ممرات تختلف في سعتها من مكان لاخر, وبعضها مفتوحة الى الخارج وأخرى مغلقة في الأعماق, حيث تنتقل المياه عبر تلك الممرات فتتوسع المناطق ذات التكوينات الضعيفة مكونة فجوات كبيرة تربط بينها ممرات ضيقة, شكل رقم(4- 10أ) وقد تستمر تلك الممرات في امتدادها الى المسطحات المائية القريبة كالبحار او الى مجاري الأنهار, أو تستمر المياه في الغور اسفل الأبنية فتعمل على إذابة الطبقات التي ترتكز عليها أسس الأبنية فتؤدي الى هبوطها كليا أو جزئيا, فتعمل على تدمير الأبنية, حيث تظهر في الجهات الهابطة شقوق تكون كبيرة إذا كان الهبوط واسعا وعميقا, شكل رقم (4-10ب).

شكل رقم(9-4) انكسار وهبوط الطبقات الواقعة فوق فجوات

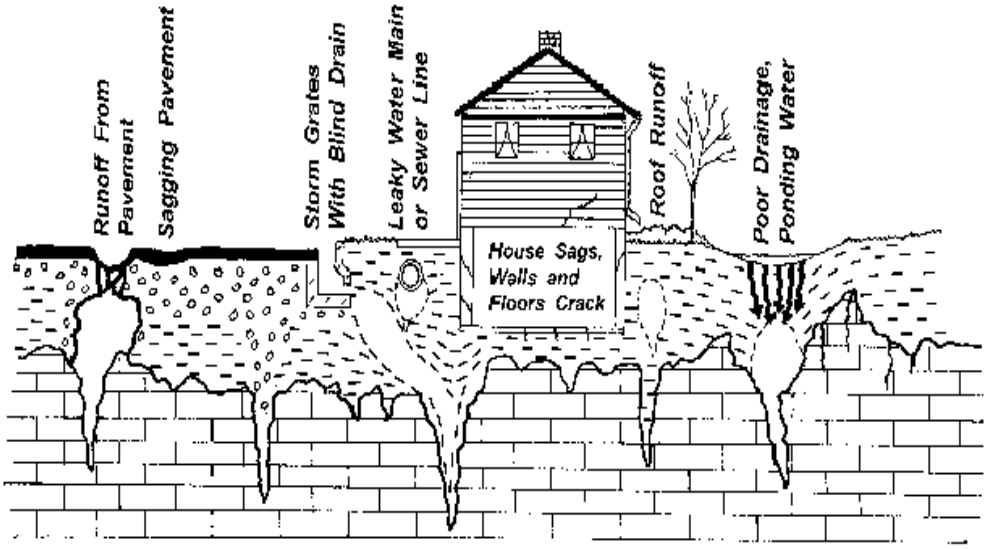


شكل رقم(10-4أ) ممرات وفجوات في الصخور



الجيرية

شكل رقم (10ب) هبوط مبنى



المبحث الرابع- التعرية الريحية وسبل الحد من آثارها:

تتميز الرياح عن بقية قوى التعرية بأنها حرة الحركة وتغير الاتجاه , وعملها واضح في المناطق الصحراوية والجافة التي تتعرض لعمليات التجوية على نطاق واسع فتعمل على تفكك مكونات

التربة والصخور السطحية مما يسهل على الرياح تعريتها بعمليات التفريغ والتذرية والصقل والبري, فتنعكس أثارها على الانسان ونشاطاته المختلفة وخاصة في الوطن العربي الذي تحتل الصحراء نسبة كبيرة من ارضه تصل الى اكثر من 85% من مساحته , حيث توجد معظم مراكزه الاستيطانية ضمن هذا النطاق أو تحت تأثير البيئة الصحراوية من حرارة وبرودة وتلوث, وقد شهدت بعض المناطق زحف صحراوي نحو الأراضي الزراعية المجاورة لها فأسهمت في انتشار ظاهرة التصحر.

وتعمل الرياح السريعة القادمة من الصحراء على نقل الرمال والمفتتات الصخرية والأتربة والحصى الذي يتدحرج على الارض او ينتقل بالقفز والتي تصطدم بالمنشآت العمرانية واعمدة الكهرباء والهاتف فتعمل على تأكلها, اما الرمال المتحركة فتتجمع فوق الطرق وسكك الحديد فتعرقل السير عليها فضلا عن مشاكل الرؤية , كما تعمل التعرية الريحية على تخفيض بعض المناطق ذات التكوينات الهشة وتظهر الصخور الصلبة بارزة في مثل تلك الأماكن , في حين يترسب ما تحمله الرياح في أماكن معينة عندما تنخفض سرعتها فتعمل على رفع منسوبها ودفن ما عليها من نشاط بشري زراعي او صناعي او عمراني, وعليه يجب اتخاذ بعض التدابير اللازمة للحد من أثار الرياح ومنها ما يأتي:

1- إحاطة المراكز الحضرية بحزام اخضر من الأشجار المتباينة الارتفاع قصيرة وطويلة لتقلل من سرعة الرياح القادمة من الصحراء فتترسب اكبر كمية من الغبار الذي تحمله الرياح وخاصة الخشنة منها, وعرقلة المتدحرجة والقافزة منها, كما أنها تسهم في خفض حرارة الهواء لأنها تمتص الحرارة منه ورفع رطوبته بواسطة عملية النتح.

2- تثبيت الكثبان الرملية وبأساليب متعددة من أهمها ما يأتي:

أ- رش مواد تعمل على تماسك الطبقات السطحية من الكثبان الرملية فتمنع التي تحتها من التطاير مثل الإسفلت او النفط الأسود او مواد طينية.
ب- تغطية الكثبان الرملية بالحصى الخشن والناعم وبسمك لايقل عن 20سم لمنع تطايرها.
ج- عمل اسيجة من النباتات اليابسة أو حائط من طين او الصخور يعمل على حجز الرمال ويحول دون وصولها الى المناطق التي يراد حمايتها, ويفضل أن لاتكن بشكل متعامد على اتجاه الرياح بل بشكل مائل نحو الجهة التي يمكن أن تنحرف أليها الرياح لتغير مسار اتجاه الرمال التي تحملها عن الوضع السابق.
د- عمل خنادق بشكل متعامد على اتجاه الرياح لتجميع الرمال التي تسير فوق سطح الارض وخاصة المتدحرجة والقافزة, كما تعمل سواتر من التراب الذي تم حفره من جهة هبوب الرياح لتخفيف سرعتها وترسيب ما تحمله من أتربة داخل الخندق.
3- تغليف المنشآت والأبنية واعمدة الكهرباء والهاتف بمادة تقاوم تأثير التعرية الريحية وخاصة الأجزاء السفلى منها وعلى ارتفاع 1-2م.
4- أيجاد تصاميم للمساكن والوحدات السكنية بما يتلاءم والبيئة الصحراوية, بحيث يؤخذ بنظر الاعتبار المناخ السائد من جميع الجوانب مثل اتجاه هبوب الرياح وزاوية أشعة الشمس , و تصميم الشوارع والمناطق الخضراء بما ينسجم مع خصائص تلك البيئة والحد من آثارها السلبية.

المبحث الخامس – التعرية الجليد يه:

يعد الجليد من العوامل التي أسهمت في تشكيل سطح الارض من خلال تعرية المنحدرات والأودية التي تمر بها وبطريقتين هما:

1- تفتيت الصخور المتجمدة في قاع الأودية وجوانبها وسفوح المرتفعات, والتقاط تلك المفتتات وجرفها بواسطة الثلاجات.

2- تأكل التكوينات التي تمر فوقها الثلاجات بواسطة ثقل كتلة الجليد وضغطها واحتكاك الصخور التي تحملها بالقاع والجوانب, وقد ينتج عن عمليات التعرية الجليدية تغير مظهر سطح الارض وتكون العديد من الأشكال الأرضية مثل الأودية الجليدية والمعلقة والحلبات الجليدية والحافات الجبلية والقمم الهرمية وغيرها.

و تعد الحلبات الجليدية من الأشكال التي تشهد تطورات تؤثر على المظهر العام للمرتفعات التي تتضمنها, فهي تتكون في أعالي المرتفعات وتمثل بداية أودية تنحدر من أعلى تلك المرتفعات , حوضية الشكل وتمتلئ بالثلوج تارة والمياه تارة أخرى عند ذوبانها, فتؤدي تلك العملية الى توسيع وتعميق الحلبات لما يترتب على عمليتي الانجماد والإذابة من تحلل وتفكيك لمكونات الصخور والتي تنقلها المياه الجارية من تلك الحفر فيزداد عمقها بمرور الزمن, كما تسهم هذه العملية في تقويض سفوح الجبال وتحويلها الى منحدرات شديدة تنعكس أثارها على النشاط البشري فوق تلك السفوح واسفلها.

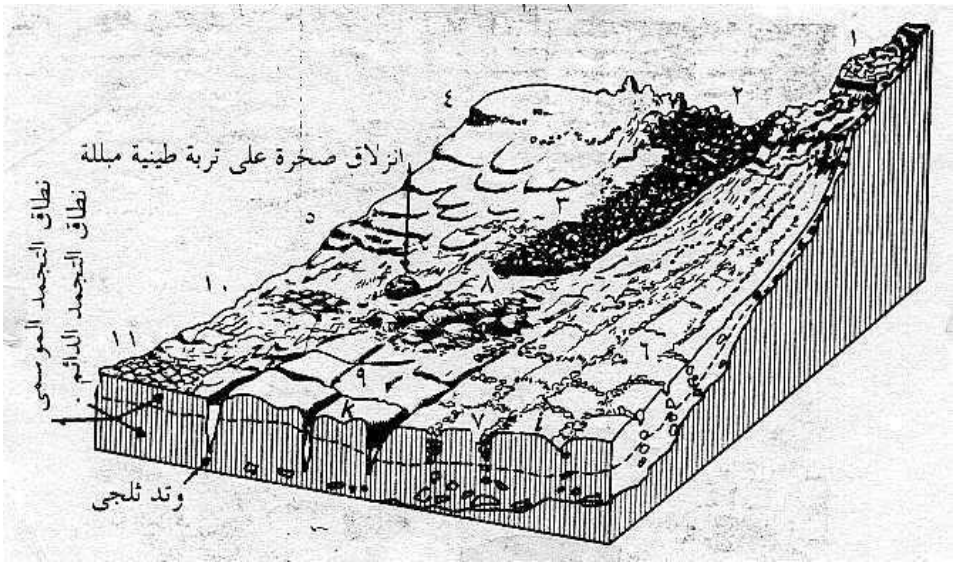
وقد تؤدي التعرية المستمرة في الحلبات المتقاربة الى تأكل مساحات كبيرة من تكوينات السفوح العليا للمرتفعات ذات القمم المنفردة فتتحول الى حافات جبلية حادة وقمم هرمية مدببة من الأعلى.[11]

ومن نتائج عمليات الانجماد والإذابة التي تتعرض لها السفوح حدوث عمليات الانزلاق والهبوط وذلك لما ينتج عن الثلوج من ثقل في مواضع تجمعها وما ينتج عن المياه من قلة تماسك مكونات السفوح.

اما الرواسب الناتجة عن التعرية الجليدية فقد تعمل على تغطية اسفل السفوح وطمرالاودية الصغيرة ومساحات واسعة من الأراضي الواقعة اسفل تلك الجبال, وعليه تكون السفوح المعرضة للتعرية الجليدية غير مستقرة, وكذلك التي تغطيها الرواسب الجليدية الضعيفة التماسك.

ومن الجدير بالذكر أن تأثير الانجماد والذوبان لا يقتصر على المناطق المرتفعة فقط بل يشمل جميع المناطق التي تغطيها الثلوج, ويكون التأثير متباين حسب صلابة الصخور التي تتكون منها كل منطقة , حيث يكون التأثير واضحا في المناطق الهشة او ضعيفة التماسك والتي تتضمن فواصل وشقوق وأخاديد وحفر إذ تتركز فيها عمليات التعرية والتجوية فتؤدي الى تضرس مثل تلك المناطق, شكل رقم(11-4).

شكل رقم(11-4) التعرية الجليدية



المبحث السادس – اثر المناخ على التعرية:

ظهرت دراسات متنوعة حول علاقة المناخ بالتعرية والتجوية وتكون مظاهر السطح, والتي اتخذت تسميات عديدة مثل الجيومورفولوجيا المناخية ويتناول هذا الاختصاص اثر عناصر المناخ على سطح الارض ولفترة طويلة من الزمن والتي عملت على تغيير مظاهر السطح بسبب التغيرات التي شهدها المناخ بمرور الزمن, والمورفومناخية ويتناول اثر المناخ على النظام البيئي الذي يؤدي بدوره الى تغير مظاهر السطح نتيجة لتنوع المناخ والنبات الطبيعي والتربة. امالمورفوجينية فيتناول دراسة تصنيف التربة والنبات الطبيعي على أساس المناخ, أي تتناول جميع الدراسات المذكورة الآثار المباشرة وغير المباشرة للمناخ, فالمباشرة تتمثل بالتعرية المائية المطرية والهوائية والثلجية , اما غير المباشرة تتمثل في التجوية بنوعيها الميكانيكية والكيميائية, إذ تسود الأولى على نطاق واسع في المناطق الجافة الصحراوية والثلجية في حين تحدث الثانية في المناطق الرطبة.
والتعرية لاتكن على وتيرة واحدة في جميع المناطق بل تتباين من مكان لاخر اعتمادا على تنوع المناخ , إذ يتميز كل إقليم مناخي بمظاهر تضاريسية تختلف عن الأقاليم الأخرى, حيث لم تكن تلك المظاهر وليدة الظروف المناخية الحالية بل تعود الى الأزمنة الجيولوجية القديمة.
وقد أجريت عدة دراسات لتقسيم الكرة الأرضية الى أقاليم مناخية الان تداخل تلك الأقاليم وظهور مناطق انتقالية كان من المشاكل التي تواجه ذلك, ومن تلك الدراسات دراسة كور بل عام 1964 التي أوضح فيها فعل التعرية في الأقاليم والمورفومناخية المختلفة والتي اعتمد في تصنيفها على الموقع الفلكي أي الموقع بالنسبة لدوائر العرض والحرارة والأمطار, وقد أظهرت النتائج التي توصل أليها ان فعل التعرية يقدر بحوالي 1م^3 في كل 1كم^2 سنويا وهذا يتناسب مع انخفاض مستوى الارض بمعدل 1م كل 610سنة, كما أظهرت تلك الدراسة أن التعرية في المناطق الرطبة الباردة تفوق ما في المناطق الرطبة الحارة. وعلى العموم تكون التعرية نشطة في المناطق المرتفعة الرطبة اكثر من المنبسطة.[12]

وقد اختلف الباحثون في تحديد معدلات التعرية في ظل الظروف المناخية المختلفة ويمكن ملاحظة ذلك في الدراسات التي آجراها كل من كور بل وقورنيه وسترا خوف وشوم, وكانت حصيلة تلك الدراسات ما يأتي:

1- قام كور بل الإنكليزي بدراسة 80 منطقة تجميع مياه واعتبر الحرارة والتساقط العاملان المناخيان المؤثران وان حجم التضاريس عامل طوبوغرافي مؤثر, فكانت التعرية في المناطق الجبلية بمعدلات أعلى مما في المناطق السهلية بخمسة أضعاف او اكثر في نفس الظروف المناخية, ووجد كور بل في حصيلة دراساته أن الترسيب على اليابس عدا المناطق الجبلية والجليدية يساوي (3824 x 10^6 $م^3$) وهو ما يساوي معدل تخفيض سنوي للأرض مقداره(28.,. ملم) وان حوالي 48% من المادة المترسبة تنتقل الى البحار كمادة مذابة و52% مادة عالقة.

2- قام قو رنيه الفرنسي بجمع حصيلة ترسبات التساقط السنوي والفصلي وكثافة التصريف في 78 حوض نهري فتوصل الى أن متوسط معدل التخفيض لكل جهات العالم القارية تقدر بحوالي 4,. ملم سنويا وهو اكبر من تقدير كور بل.

3- دراسة قام بها سترا خوف الروسي للتعرية التي حدثت في 60 نهر كبير وفي ظروف مناخية مختلفة, فكانت النتائج أن معدل تخفيض الأرض يتراوح مابين (2.,. و 4.,. ملم) سنويا, ويتميز جنوب شرق أسيا بشكل واضح في هذا المجال ويصل الى حوالي 35,. ملم سنويا.

4- دراسة شوم والتي اعتبر التضاريس والصرف عاملين أساسيين في تقدير كمية الترسبات فتوصل من تجاربه الى ان سطح الأرض ينخفض بمعدل يتراوح مابين 3,. و 9.,. ملم سنويا.[13]

المبحث السابع- قياس التعرية:

أن قياس التعرية عملية معقدة تكتنفها الكثير من الصعاب ومع ذلك جرت عدة محاولات لقياسها في أماكن مختلفة من العالم, وكان التركيز على التعرية المائية وخاصة الجارية والناتجة عن سيول الزخات المطرية او مياه الانهار, ومن خلال تجارب حقلية ومختبريه وكما يأتي:

اولا-القياسات الحقلية:

يعتمد قياس التعرية حقليا على طرق بسيطة ولكن غير دقيقة, كما لايمكن تعميم النتائج على جميع المناطق في العالم لتباين العوامل التي تتحكم في التعرية من مكان لاخر.

وعلى أية حال لا يوجد بديل عن ذلك ويمكن الاستفادة من النتائج في المناطق المتشابهة الظروف والعوامل المؤثرة على التعرية, ومن الطرق المتبعة في التجارب الحقلية ما يأتي:

1- استخدام أوتاد حديدية او خشبية متساوية الطول تثبت في المناطق التي يراد قياس التعرية فيها وتوزع على تلك المساحة بأبعاد متساوية وتكون الأجزاء البارزة منها فوق الارض متساوية الارتفاع, وبعد فترة زمنية محددة يراد قياس التعرية المطرية او المائية خلالها, طويلة أم قصيرة أي قد تكون خلال فصل مطير او لمدة سنة او عدة سنوات, إذ تعمل المياه الجارية على تعرية الطبقة السطحية من تكوينات تلك المنطقة فينخفض منسوبها فينتج عن ذلك زيادة طول الوتد الظاهر فوق الارض وبدرجات متفاوتة حسب قوة التعرية وطبيعة صلابة التكوينات, حيث تتركز التعرية في المناطق الأقل صلابة.

ومن خلال حساب الفرق في ارتفاع الأوتاد قبل وبعد التعرية ومن ثم جمع تلك الفرو قات وتقسيمها على عدد الأوتاد يمكن معرفة معدل التعرية في تلك المنطقة خلال الفترة الزمنية المحددة للقياس.

فعلى سبيل المثال كان عدد الأوتاد 50 وكان الفرق في ارتفاعها قبل وبعد التعرية كلأتي:
18 وتد الفرق في القياس 2سم مجموع الفرق 36سم .
16 وتد الفرق في القياس 1,5سم مجموع الفرق 24سم.
16 وتد الفرق في القياس 2,5 سم مجموع الفرق 40سم.

.: مجموع الفرو قات 100سم وعليه معدل التعرية = $\frac{100}{50}$ = 2سم

وتعد هذه الطريقة سهلة التطبيق وتعطي مؤشرات واضحة عن التعرية في المناطق التي تتعرض لها على نطاق واسع.

2- مقارنة التعرية بين منطقتين إحداهما مغطاة بالنبات وأخرى خالية منه, او بين منطقتين مختلفتين في الانحدار ومتشابهتي التكوين وذات مساحات متساوية, ويتم توجيه المياه الجارية فوق تلك المناطق نحو خزانات تتجمع فيها تلك المياه وما تحمله من رواسب جرفتها من المناطق التي مرت عليها. وبعد توقف الجريان يتم جمع الرواسب في كل حوض وقياس كميتها بوحدة قياس الحجوم مثل سم^3 اوم^3 , ومن المقارنة بين كمية الرواسب المتجمعة في حوض كل منطقة يتضح أي المناطق اكثر تعرضا للتعرية وهي الأكثر رواسب, فعلى سبيل المثال كان مقدار الرواسب المتجمعة من المنطقة الأولى التي مساحتها 50 م^2 $\frac{1}{2}$ م^3 أي معدل التعرية 1سم, أما المنطقة الثانية وهي نفس المساحة ألا أن كمية الرواسب المتجمعة $\frac{1}{4}$ م3 أي معدل التعرية 5,. سم وعليه يكون الفرق في التعرية بين الاثنين 5,. سم.

ثانيا – المحطات التجريبية:
أجريت تجارب متنوعة على التعرية في محطات تجريبية ثابتة ومتغيرة, ففي الثابتة او الدائمة يكون الاعتماد على وحدات تجريبية محددة بحواجز وذات مساحات معلومة, ودرجة انحدار وطول منحدر ونوع تربة متشابهة أو مختلفة حسب الغرض من التجربة, ويتم استخدام عدد من الوحدات التجريبية حسب الهدف من تلك التجربة, وعلى العموم يكون على الأقل وحدتين لكي تجري المقارنة بينهما.
ولغرض التعرف على طبيعة التعرية في ظل نوعين من المحاصيل الزراعية على الأقل وفي كل حالة يستخدم نوعين من الأراضي وفي كل مرة تكون الحاجة الى أربع وحدات, وبتكرار التجربة مرتين تكون الحاجة الى ثماني وحدات تجريبية أبعاد كل وحدة بين 1,8 X22 م و2,5 X50 م, وتصنع حواف تلك الوحدات التجريبية من المعدن أو الخشب وتكون غير نفيذة وغير قابلة للتآكل وارتفاعها ما بين 15و20 سم فوق سطح التربة, ويوجد في نهاية كل وحدة تجريبية أحواض لتجميع المياه الحاملة للرواسب, ومن ثم تجميع تلك الرواسب ومعرفة حجمها في كل وحدة, ومن ثم المقارنة بين تلك الوحدات التي يقع كل واحد منها تحت تأثير عامل معين من العوامل المؤثرة في التعرية, فيتضح أيهما اكثر تأثيرا.[14]

ثالثا- قياس عام للتعرية مثل كمية الرواسب التي تحملها مياه الانهار وتتجمع أمام السدود وخاصة أوقات الفيضان والتي تعبر عما تفقده أحواض الانهار من رواسب بواسطة التعرية خلال فترة زمنية محددة والتي على ضوئها يمكن تقدير ما يفقده الحوض من رواسب, ومقدار انخفاض سطح الارض بصورة عامة والمشاكل المترتبة على ذلك.

وكان من نتائج الدراسات عن الانهار أن انهار جنوب شرق أسيا تتميز بمعدلات تعرية عالية ومن المتوقع انخفاض أحواضها بمعد 2,7ملم سنويا, كما في حوض النهر الأصفر.اما في الولايات المتحدة الأمريكية فيقدر بحوالي 24.,. ملم سنويا.
كما يمكن قياس الترسبات المتجمعة أمام السدود المقامة على الانهار ومن خلال مقارنة الخرائط الكنتورية للخزانات عند إنشائه وبعد فترة من الزمن فيظهر الفرق بينهما في ارتفاع قاع الخزان وهذا يعني أن الرواسب ناتجة عن تعرية الحوض, وقد طبقت تلك الطريقة على خزان بحيرة ميد على نهر كلورادو التي حجزت فيها المياه من عام 1935لغاية 1948فتبين أن الرواسب التي تجمعت عند رأس البحيرة وصل سمكها الى 73م وعند السد 30م , حيث بلغت كمية الرواسب التي وصلت البحيرة خلال تلك الفترة 1775مليون طن, أي بمعدل 127 مليون طن سنويا.
كما اعتمد الباحثون طرق أخرى لمعرفة معدل التعرية وهي ألد لتوات الناتجة عن الارساب النهري مثل دلتا نهر نيفي أمام ساحل كاليفورنيا كان حجم الترسبات 56كم^3 ناتجة عن تعرية تعرض لها حوض النهر الذي تصل مساحته الى6500كم^2 , وتم تقدير الفترة الزمنية التي تكونت خلالها الدلتا فقدرت بحوالي 15 ألف سنة, ويكون معدل التعرية حوالي 6,. ملم سنويا.[15]

مراجع الفصل الرابع

1- د. عبد المنعم بلبع ود. ماهر جو رجي نسيم ؛ تصحر الأراضي في الوطن العربي, منشأة المعارف ألا سكندرية 1990ص 86.
2- د. محمد سامي عسل؛ الجغرافيا الطبيعية, مكتبة ألا نجلو المصرية 1983ص346.
3- د. محمد خميس الزوكة؛ البيئة ومحاور تدهورها وأثارها على صحة الانسان, دار المعرفة الجامعية ألا سكندرية 2000ص254.
4- د. عبد المنعم بلبع وزميله؛ تصحر الأراضي في الوطن العربي, مصدر سابق ص 90.
5- د. محمد عبده العوادات ود. عبد الله بن يحيى ؛ التلوث وحماية البيئة, مطابع جامعة الملك سعود, ط3 المملكة العربية السعودية 1997ص 301.
6- د. جودت حسنين جودت ؛ جغرافية البحار والمحيطات, دار النهضة العربية للطباعة والنشر, بيروت 1981ص252.
7- عبد الإله رز وقي كربل ؛ علم الأشكال الأرضية, الجيومورفولوجيا؛ مصدر سابق ص 235.
8- إدوارد جي. تاربوك وفر يدريك ك. لوتجنز؛ الأرض, مقدمة للجيولوجيا الطبيعية, مصدر سابق ص285.
9- المصدر السابق, ص 275.
10- د. محي الدين بنانة؛ الجيوهندسية التطبيقية, مصدر سابق,ص169
11- د. جودت حسنين جودت ؛ معالم سطح الأرض, مصدر سابق, ص444.

12- د. حسن سيد احمد أبو العينين؛ أصول الجيومورفولوجيا, دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الارض, ط3, مؤسسة الثقافة الجامعية , القاهرة 1976 ص 119.
13- د. محمد سامي عسل؛ الجغرافيا الطبيعية, مصدر سابق وص322-323.
14- د.عبد المنعم بلبع وزميله؛ تصحرالاراضي الجافة في الوطن العربي, مصدر سابق,ص97
15- د. محمد سامي عسل؛ الجغرافيا الطبيعية, مصدر سابق,ص317.

الفصل الخامس

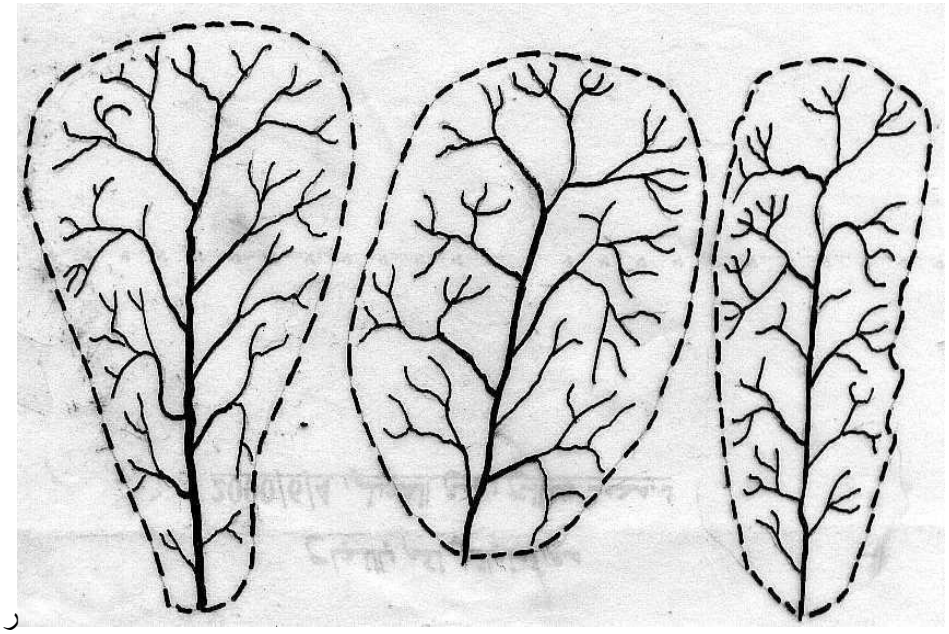
الأنـهار ..... دراسة هيدرومورفومترية

تعني التطبيقات الهيدرو مورفومترية استخدام الطرق والأساليب والهيدرولوجية والجيومورفولوجية في دراسة الانهار وصفيا وكميا او قياسيا للتعرف على الخصائص العامة لأحواضها وأوديتها وقنواتها, وطبيعة عملها الجيومورفولوجي من تعرية وار ساب وما ينتج عن ذلك من مظاهر متنوعة, والتطور المورفولوجي لقناة النهر التي تنعكس أثارها على النشاط البشري المرتبطة بالنهر اقتصادية او عمرانية .
وفي هذه الدراسة يتم تناول الجوانب الأساسية ذات العلاقة بالجيومورفولوجيا التطبيقية للتعرف على خصائص الأحواض والأودية والقنوات.

المبحث الأول- حوض النهر River Basin

يعني حوض النهر او الوادي جميع الأراضي المحيطة بهما والتي تزودهما بالمياه عن طريق الجريان السطحي او الجوفي, ويفصل الأحواض عن بعضها أراض مرتفعة تمثل أعلى نقطة فيها منطقة تقسيم المياه بين الأحواض ويطلق على الحدود الفاصلة بينها خط تقسيم المياه, وهو خط يحيط بالحوض مارا بأعلى النقاط المرتفعة المحيطة به ليمثل الحد الفاصل بين حوض واخر, ويظهر واضحا في الخرائط الطوبوغرافية الخاصة بتلك الأحواض والتي تظهر فيها بأشكال مختلفة كالدائري والبيضوي والمستطيل والكمثري او المخروطي, شكل رقم(1-5).

شكل رقم(5- 1) أشكال الأحواض



ر

ويزداد التصريف كلما كان الحوض كبيرا والأودية موزعة على جميع مساحته بشكل يغطي كل الحوض.

ولغرض زيادة الإيضاح سيتم تناول التطبيقات المتعلقة بالأحواض وكما يأتي:

أولا- القياسات المورفومترية للحوض:

تشمل قياسات الأحواض العناصر آلاتية:

1- مساحة الحوض:

تقاس مساحة الحوض بعدة وسائل من ابسطها استخدام البلانيميتر والذي يعطي نتائج دقيقة إذا ما تم استخدامه بصورة صحيحة حيث تقاس الخريطة عدة مرات ويؤخذ متوسط القياسات, ومن الأجهزة الحديثة المستخدمة في هذا المجال قلم المتتبع الإلكتروني(Digitiser) والذي يعد من اكثر وسائل القياس سرعة ودقة, فضلا عن الوسائل التقليدية مثل تقسيم منطقة الحوض على الخريطة الى مربعات او مثلثات وتحسب مساحة كل واحد منها ثم تجمع فالناتج يساوي مساحة الحوض.[1]

2- قياس عرض الحوض:

تقاس عدة مقاطع عرضية للحوض بشكل متساوي على طول امتداده وتجمع قيم تلك القياسات وتقسم على عددها فيمثل الناتج متوسط عرض الحوض.

3- قياس طول الحوض:

تقاس المسافة من مصب النهر او الوادي الى أقصى نقطة عند محيط الحوض والتي تمثل نهايته و تفصله عن الحوض المجاور من جهة المنبع.

4- قياس محيط الحوض:
ويعني قياس الحدود الخارجية للحوض التي تفصله عن الأحواض الأخرى والمتمثلة بخط تقسيم المياه والتي تقاس بواسطة عجلة قياس(Divider).

5- نسبة الاستطالة:
وتعبر عن مدى امتداد الحوض مقارنة مع شكل المستطيل حيث تظهر النسبة عالية في الأحواض المستطيلة ومنخفضة في الأحواض غير المستطيلة, ومعرفة ذلك من القانون الأتي:

$$\frac{\text{طول قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض}}{\text{أقصى طول للحوض}}$$

مثال وادي ضمن حوض طوله 75 كم وقطر الدائرة المساوية لمساحة الحوض 17كم ,

$$\therefore \text{نسبة الاستطالة} = \frac{17}{75} = 0{,}226$$

ويتم استخراج طول قطر الدائرة التي مساحتها تساوي مساحة الحوض من القانون الأتي

$$\sqrt{\frac{22}{7}}^{2} \times \text{مساحة الحوض}$$

تكون قيمة نسبة الاستطالة مابين(0—1) فإذا كانت النتيجة قريبة الى 1 يكون الشكل قريب الى الاستطالة, وإذا قريبة من الصفر له شكل أخر, ففي النتيجة السابقة لا يميل الحوض الى الاستطالة لضعف النسبة.

6- نسبة الاستدارة:
توضح تلك النسبة اقتراب او ابتعاد شكل الحوض من الشكل الدائري ومن خلال القانون الأتي:

$$\frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{مساحة الدائرة التي محيطها يساوي محيط الحوض}}$$

حيث تشير القيم العالية الى اقتراب شكل الحوض من الدائري وتكون النتائج أيضا مابين(1-0), مثال حوض مساحته 185كم^2 ومساحة الدائرة التي محيطها يساوي محيط الحوض 210كم^2 ,

$$\text{نسبة الاستدارة} = \frac{185}{210} = 0{,}857$$

تشير النسبة الى اقتراب شكل الحوض من الدائري.

7- الشكل الكمثري:

توضح النسبة مدى ميل شكل الحوض الى الشكل الكمثري او المخروطي ومن خلال القانون آلاتي:

$$\frac{\text{ط}}{4} \times \frac{(\text{طول الحوض})^2}{\text{مساحة الحوض}}$$

علما أن قيمة ط ثابتة(3,14)

8- معامل اندماج الحوض:

ويحصل على معامل الاندماج من العلاقة بين طول محيط الحوض ومحيط دائرة مساوية له بالمساحة و حسب القانون الأتي:[2]

$$\frac{\text{طول محيط الحوض}}{\text{محيط دائرة مساحتها مساوية لمساحة الحوض}}$$

9- معدل انحدار الحوض:

ويعني المتوسط العام لانحدار الارض داخل الحوض بالنسبة للمستوى الأفقي للسطح ويحتاج أيجاد هذه القيمة الى رسم عدد من الخطوط القطاعية على الخريطة الكنتورية للحوض وفي اتجاهات مختلفة وبعد ذلك يتم حصر عدد الخطوط الكنتورية التي تقاطعت مع خطوط القطاعات, ومن ثم تطبيق معادلة ونتوارث(Went worth Equation) :

$$\text{ظا ح} = - \frac{\text{ع} \times \text{ف}}{3361}$$

ظا. ظل زاوية الانحدار والتي تحول الى درجة .

ف. الفاصل الرأسي بين الخطوط الكنتورية بالقدم.

ع. عدد الخطوط الكنتورية التي تمر بخطوط القطاعات في كل واحد ميل.[3]

10- نسبة طول الحوض الى عرضه : $= \frac{\text{ل}}{\text{ع}}$

11- قياس الخصائص التضاريسية للحوض:

أ- معدل التضرس: $= \frac{\text{الفرق بين أعلى وادنى منسوب بالحوض(بالمتر)}}{\text{طول الحوض(بالمتر)}}$

وكلما كان الرقم كبير يدل على تضرس الحوض.

الفرق بين أعلي وادنى منسوب في الحوض

ب- التضاريس النسبية: = ـــــــــــــــــــــــــــــــــــــــ 100 x

طول محيط الحوض (بالمتر)

ج- قيمة الوعورة: = كثافة التصريف(الفرق بين أعلي وادنى منسوب في الحوض) / طول محيط الحوض

د- التكرار النهري = عدد المجاري في الحوض / مساحة الحوض

هـ - نسيج الحوض او النسيج الطوبوغرافي = مجموع أعداد المجاري في الحوض للرتب جميعا / طول محيط الحوض .[4]

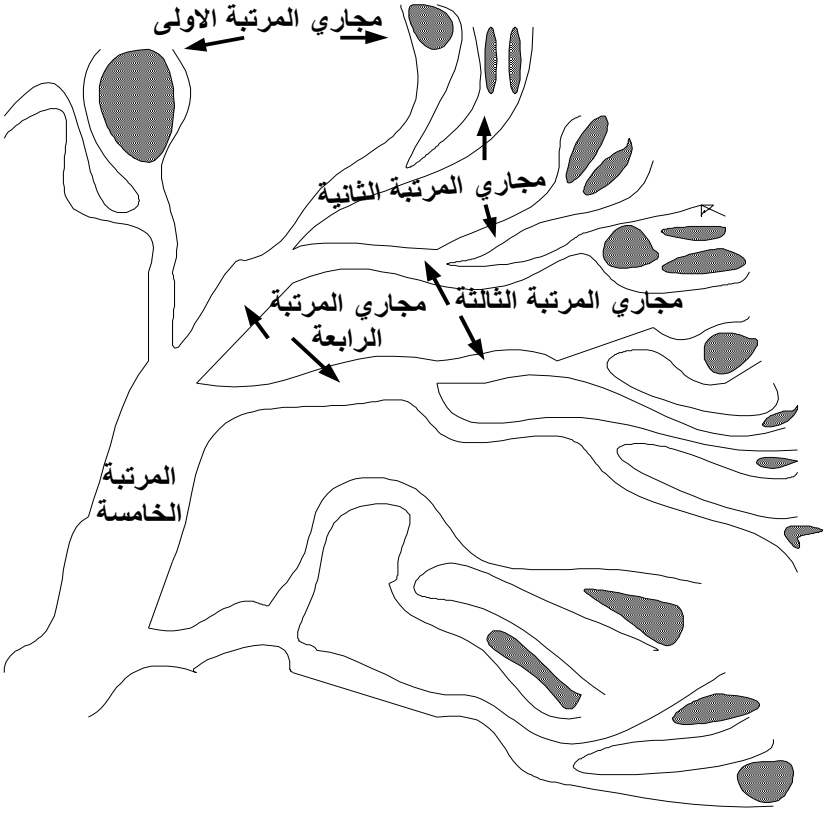
ثانيا- قياس خصائص الشبكة المائية في الحوض:

1- رتب المجاري المائية:

تتوزع المجاري المائية في الحوض بشكل رتب تقل عددا وتزداد سعة من رتبة لأخرى, حيث تبدأ بمجار صغيرة وكثيرة تمثل المرتبة الأولى, وتلتقي مجاري تلك الرتبة مع بعضها لتكون المرتبة الثانية التي تكون اقل عددا واكثر سعة من الأولى, ثم تلتقي مجاري تلك المرحلة لتكون المرتبة الثالثة ثم تلتقي مجاري هذه المرتبة لتكون المرتبة الرابعة والتي تلتقي لتكون المرتبة الخامسة, شكل رقم(5-2), حيث تكون كل مرتبة عدد مجاريها اقل وسعتها اكبر من التي قبلها.

ويستفاد من دراسة الرتب في التعرف على الكثير من الحقائق العلمية في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية المتعلقة ببعض الأنشطة والمشاريع المختلفة مثل السدود والخزانات.

شكل رقم(2-5) رتب المجاري المائية في الأحواض



2- نسبة التشعب:

وتعبر عن العلاقة بين عدد المجاري في كل مرتبتين متتاليتين وحسب القانون الاتي:

$$\frac{\text{عدد المجاري في مرتبة ما}}{\text{عدد المجاري في المرتبة التي تليها}}$$

مثال حوض مساحته 180كم^2 وكان طول وعدد المجاري فيه كما في الجدول رقم(1-5)

جدول رقم (1-5) يوضح أطوال وعدد المجاري في حوض نهر او واد جاف

المرتبة	عدد المجاري	نسبة التشعب	مجموع طول المجاري/كم	معدل طول المجاري/كم
1	260		220	., 846
2	60	4,12	90	1,5
3	15	4	72	4,5
4	4	3,75	38	9,5
5	1	4	60	60
المجموع	340		480	

ومن الجدول يمكن معرفة نسبة التشعب وكما يأتي :

المرتبة الأولى على الثانية = $\frac{260}{60}$ = 4,12

المرتبة الثانية على الثالثة= $\frac{60}{15}$ = 4

المرتبة الثالثة على الرابعة = $\frac{15}{4}$ = 3,75

المرتبة الرابعة على الخامسة= $\frac{4}{1}$ = 4

ويمكن استخراج النسبة العامة للتشعب من قسمة مجموع النسب على عددها

= $\frac{15,87}{4}$ = 3,96

3- معدل أطوال المجاري:

يمكن معرفة معدل أطوال المجاري في كل مرتبة رغم أنها متباينة الأطوال من مكان لاخر, وذلك من العلاقة بين مجموع أطوال المجاري في كل مرتبة وعددها ومن القانون الأتي:

معدل طول المجاري في مرتبة ما= $\frac{\text{مجموع أطوال المجاري في المرتبة}}{\text{عدد المجاري في المرتبة}}$

ومن المثال السابق معدل طول مجاري المرتبة الأولى = $\frac{220}{260}$ = 846., كم وعلى العموم تكون أطوال مجاري المرتبة الأولى قصيرة مقارنة بأطوال المجاري في المراتب الأخرى.

اما في المرتبة الثانية = $\frac{90}{60}$ = 1,5كم, وفي المرتبة الثالثة = $\frac{72}{15}$ = 4,8كم,
وفي المرتبة الرابعة= $\frac{38}{4}$ = 9,5كم, واخيرا المرتبة الخامسة= $\frac{60}{1}$ =60كم.

4- كثافة التصريف:
وتعبر عن العلاقة بين مجموع أطوال الأودية في الحوض ومساحته وكما يأتي:

$$\text{كثافة التصريف} = \frac{\text{مجموع أطوال الأودية في الحوض/كم}}{\text{مساحة الحوض/كم}^2}$$

وفي المثال السابق = $\frac{480}{180}$ = 2,59كم, أي كل 1كم^2 يتضمن 2,59كم, وهذا يعني أن الأودية في الحوض قليلة وبالتالي ما تصرفه من مياه قليل أيضا, حيث تزداد كثافة التصريف بزيادة أطوال الأودية في الحوض والجدول رقم(2-5) يوضح مستويات كثافة التصريف.

جدول رقم(2-5) مستويات كثافة التصريف

أطوال الأودية/كم	كثافة التصريف
4 – 2,5	واطئة جدا
14 -5	واطئة
24 -15	متوسطة
49 -25	جيدة
100 -50	عالية
اكثر من 100	عالية جدا

5- العلاقة بين معدلات ارتفاع واطوال المجاري المائية في الأحواض :
يمكن معرفة العلاقة بين معدلات ارتفاع واطوال المجاري المائية في كل مرتبة بعد إجراء قياسات لارتفاع كل مجرى(الفرق بين بداية منبع المجرى ومصبه) وجمع القيم وتقسيمها على عدد المجاري ومجموع أطوالها على عددها أيضا, وترجمة ذلك الى منحنى يوضح معدل ارتفاع واطوال المجاري المائية في كل مرتبة والتي يمثل في النهاية معدلها في الحوض بصورة عامة حتى المصب الرئيسي, ويمكن تطبيق ذلك على المثال السابق في الجدول رقم(1-5)

مجموع الارتفاعات في كل مرتبة

حيث يكون معدل الارتفاع = المرتبة الأولى عل سبيل المثال

عدد المجاري في المرتبة

$= \frac{19320}{260} = 74$ م ويطبق على بقية المراتب فتكون النتائج كما في الجدول. وكذلك معدل الأطوال من تقسيم مجموع الأطوال على عدد المجاري فتكون النتائج كما في الجدول رقم(3-5).

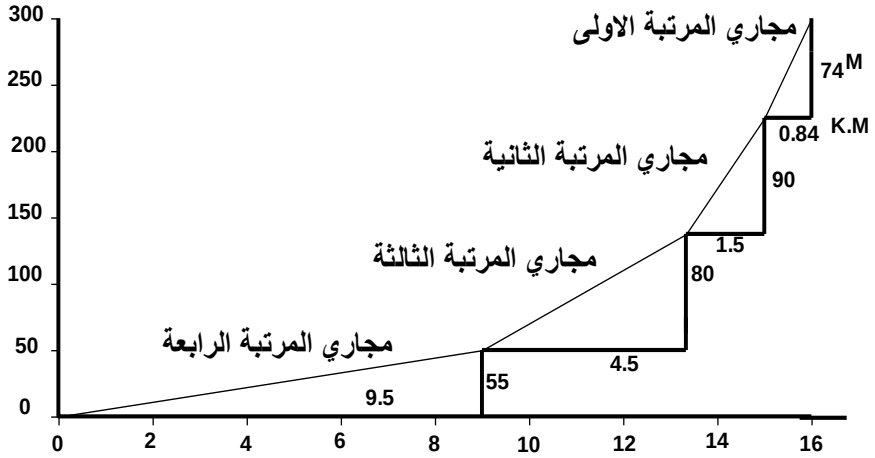
جدول رقم(5- 3) معدلات طول المجاري وارتفاعاتها

المرتبة	عدد المجاري	أطوال المجاري	مجموع ارتفاع المجاري	معدل طول المجاري/كم	معدل ارتفاع المجاري/م
1	260	220	19320	.,846	74
2	60	90	5430	1,5	90
3	15	72	1200	4,8	80
4	4	38	220	9,5	55
المجموع	339	420	26170	16,646	299

حيث تجمع معدلات الارتفاع لكل المراتب وتساوي 299 م ومعدلات الأطوال وتساوي اكثر من 16 كم

ومن نتائج تلك الأبعاد يمكن رسم شكل يوضح العلاقة بين تلك الأبعاد, شكل رقم(3-5).

شكل رقم (5- 3) منحنى يوضح العلاقة بين متوسطات ارتفاع واطوال المجاري في الأحواض



كما يمكن أيجاد معدل عام للارتفاع من خلال تقسيم مجموع معدل الارتفاعات لكل المراتب على عددها ويساوي $\frac{26170}{339}$ = 77م.

ويمكن معرفة متوسط ارتفاع منابع المجاري في الحوض من قسمة مجموع الارتفاعات على مجموع أطوال المجاري ويساوي $\frac{26170}{420}$ = 62م

ويستفاد من تلك الدراسات المورفومترية للأحواض النهرية في مجالات متنوعة ومنها مشاريع الري والخزن.

ثالثا- العوامل المؤثرة على الجريان والتصريف المائي في أحواض الانهار والأودية الجافة:

أ – عوامل مناخية:

وتشمل ما يأتي:

1- نوع التساقط, فإذا كان مطرا يكون التأثير مباشر وسريع, اما إذا كان ثلوج فيكون متأخر وبطيء الى أن يتعرض الى الذوبان وبشكل تدريجي.

2- شدة التساقط, كلما كانت زخات المطر شديدة ارتفعت كمية التصريف وبالعكس.

3- فترة التساقط, يؤدي استمرار التساقط لفترة طويلة الى زيادة تشبع التربة ومن ثم زيادة كمية المياه الجارية التي تنقلها الأودية الفرعية او الثانوية الى الرئيسية.

4- توزيع التساقط فوق الحوض من الامطار والثلوج, فمن النادر أن يكون التوزيع متساويا فوق جميع أجزاء الحوض, فالتساقط بالقرب من المجرى الرئيسي يؤدي الى وصول المياه بسرعة وبكمية اكبر أليه لقلة الضائعات التي تتعرض لها, في حين تفقد السيول القادمة من مناطق بعيدة عن المجرى كميات كبيرة من المياه عن طريق التسرب و التبخر.

5- اتجاه حركة العاصفة المطرية, فإذا اتجهت نحو المنبع تصل المياه الى المجرى الرئيسي بشكل تدريجي ومنتظم, اما إذا كانت باتجاه المصب تصل المياه الى المجرى خلال فترة زمنية قصيرة مما ينتج عنها ارتفاع المناسيب بشكل سريع فتحدث فيضانات مفاجئة والتي يترتب عليها مخاطر كبيرة .
6- تأثير عناصر المناخ الأخرى كالحرارة والرطوبة والرياح والتي تتحكم بالتبخر.

ب- عوامل طوبوغرافية:
وتتمثل بالجوانب آلاتية:
1- انحدار الارض , فكلما ازداد الانحدار ازداد التصريف وبالعكس.
2- شكل الحوض , يكون التصريف في الأحواض الدائرية والمخروطية الشكل افضل من المستطيلة لقلة المسافة التي تقطعها المياه من أطراف الحوض الى المجرى.
3- ارتفاع أطراف الحوض, يزداد التصريف في المناطق المرتفعة عما في المناطق المنخفضة او المنبسطة.
4- نوع استعمالات الارض نباتية أو عمرانية والتي تقلل من كمية التصريف .
5- نوع المكونات السطحية, فإذا كانت صماء لاتسمح بتسرب المياه فيزداد التصريف, اما التكوينات المسامية يزداد فيها التسرب ويقل التصريف, كما يكون التصريف في التكوينات الرطبة اكبر من الجافة.(5)
6- طبيعة توزيع الأودية ضمن الحوض, كلما كانت موزعة بشكل يغطي معظم مساحته ساعد على نقل اكبر كمية من المياه الى المجرى الرئيسي فيزداد التصريف.

المبحث الثاني – وادي النهر River Valley
يعني وادي النهر جميع الأراضي الواقعة على جانبي مجراه والتي تغمرها مياهه عند الفيضان, فيترسب فوقها ما تحمله تلك المياه من رواسب وبكميات مختلفة حسب كمية التصريف وما ينتج عنها من عمليات تعرية وقدرة على حمل الرواسب وارتفاع منسوبها, وسعة المنطقة التي تغطيها المياه, وتعد السهول الفيضية من نتائج ذلك والتي تكونت بمرور الزمن وخاصة في الفترات الماضية قبل ان يتدخل الإنسان في شؤون الأنهار وكان وادي النهر مسرح لعملياته النهرية, حيث غير النهر مجراه ضمن واديه عدة مرات تاركا وراءه العديد من المعالم او المظاهر مثل البحيرات الهلالية او المقطوعة او الميتة والمدرجات النهرية.
ويتحكم بطبيعة وادي النهر ما يحيط به من تضاريس و هضاب وتلال او جبال التي لا تغمرها مياه النهر عند الفيضان لذا لا تتكون سهول فيضية في مثل تلك المناطق.
وتعد المظاهر التي تركتها الأنهار في أوديتها ذات أهمية كبيرة حظيت باهتمام المختصين بعلوم الأرض, وفيما يلي دراسة مورفومترية لتلك المظاهر:

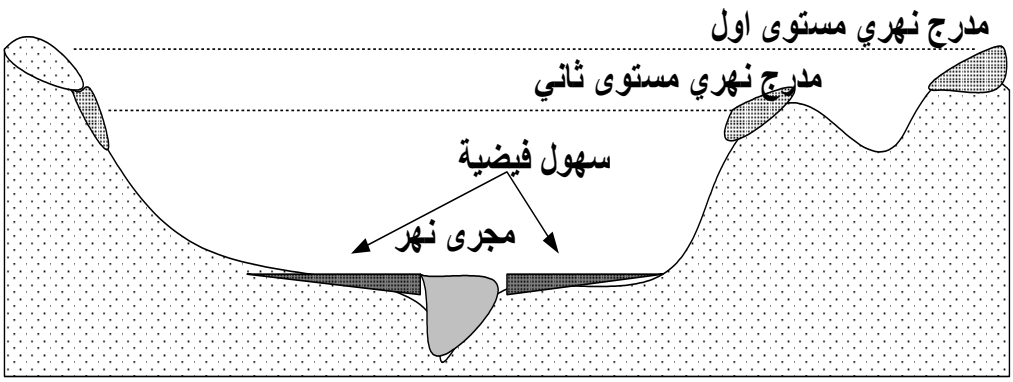
اولا- المدرجات النهرية River Terraces

تعد المدرجات النهرية من علامات الدلالة على المستويات السابقة التي كانت تجري فيها الانهار ثم تركتها بعد أن غيرت مجراها او عمقته, وتكون المدرجات على أشكال متباينة بعضها على شكل مصاطب صخرية صلبة لتعرضها الى عمليات تعرية آدت الى إزالة التكوينات الهشة التي تغطيها, خاصة عند ارتفاع مناسيب المياه فتغمر تلك المناطق المنحدرة, في حين يكون البعض الاخر على شكل ترسبات متنوعة من الحصى والجلاميد والرمل و الحجر الطيني والغرين ناتجة عن الترسبات التي كانت تحملها مياه النهر أليها في مواسم الفيضان, فكلما كانت مناسيب المياه عالية ازدادت

قدرتها على حمل رواسب خشنة وبالعكس تقل قدرة النهر على حمل الرواسب مع انخفاض المناسيب, ويمكن تمييز ذلك من نوع الرواسب التي تتضمنها المدرجات النهرية حيث تشير الخشنة منها على ارتفاع المناسيب والناعمة على انخفاضها, وحتى فترة استمرار موجة الفيضان يمكن معرفتها من سمك الطبقة حيث تشير السميكة منها على استمرار الموجة فترة أطول وبالعكس, كما يوضح تعدد الطبقات مدى تكرار الفيضانات في تلك المناطق لذا يصل ارتفاع بعضها الى عدة أمتار والبعض الآخر واطئ لايتجاوز 1متر.

وتتخذ المدرجات أوضاع مختلفة على جانبي النهر حيث يكون بعضها مزدوج أي تظهر على جانبي النهر وبنفس المستوى ومتناظرة في تدرجها ونوع تكويناتها لذا تسمى في بعض الأحيان التو أمية لأنها متشابهة في الخصائص, وتوجد بعض المدرجات بشكل منفرد على إحدى جهات المجرى, ووجود تلك المدرجات لا يقتصر على منطقة السهول الفيضية بل يشمل جميع المناطق المحيطة بالوادي بما فيها الهضاب والتلال والتي كانت تغمرها المياه في العصور القديمة.

شكل رقم(4-5) مواقع المدرجات بالنسبة لمجرى النهر



و تعد المدرجات التي تقع خارج السهول الفيضية اكثر وضوحا من الواقعة ضمنها والتي على العموم تكون واطئة ومنفردة وناتجة عن عمليتي ارساب وتعرية, أي هي مخلفات المنعطفات النهرية وتمثل ما يسمى بالضفة الخارجية للمنعطف التي تعرضت الى التعرية قبل أن يهجر النهر مجراه, ونظرا لانخفاض ارتفاعها وضعف تماسك تكويناتها ووقوعها ضمن المنطقة التي تمثل مركزا للنشاط البشري بأشكاله المختلفة لذا تختفي تلك المدرجات, وقد يبقى منها ما يقع عند بعض البحيرات الهلالية.

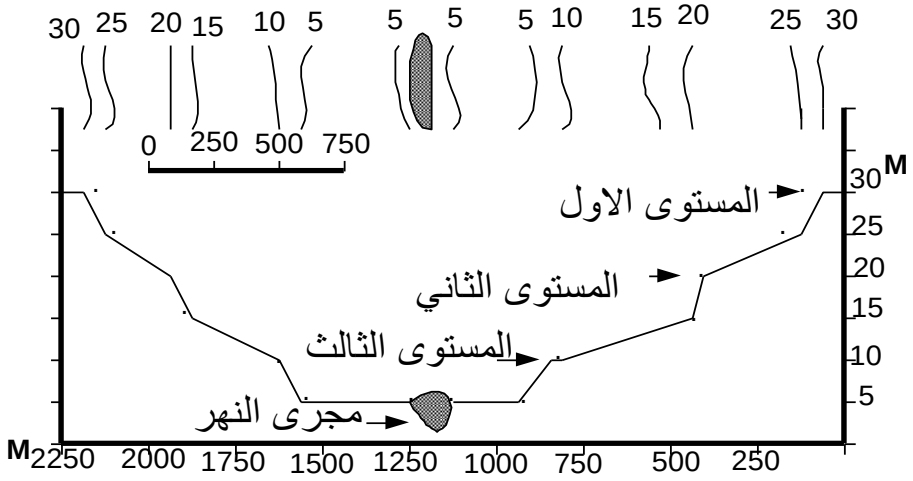
ويمكن أجراء دراسة مورفومترية لتلك المدرجات للتعرف على خصائصها وكما يأتي:

1- رسم مقاطع عرضية للمدرجات:

بعد تحديد مواقع المدرجات النهرية ضمن وادي النهر او عند المناطق المجاورة له والتي تكون أعلى من ارض الوادي فتكون المدرجات اكثر وضوحا فيها, وتحتاج تلك العملية الى خريطة كنتورية لتلك المنطقة والتي توقع عليها مواضع المدرجات ومن خلال رسم مقاطع تتقاطع مع مجرى النهر تظهر المدرجات بشكل واضح, ويكون وفق الخطوات آلاتية:

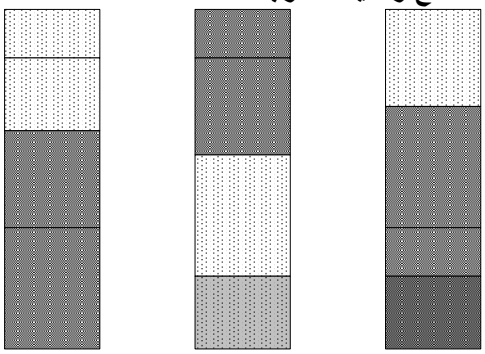
أ- تكون الخريطة الكنتورية وفق مقياس رسم مناسب مثل 1 / 25000 او 1/ 5000 وترسم خطوط عليها لتحديد مواضع المدرجات ضمن منطقة الدراسة.
ب- توضع حافة الورقة التي يراد رسم المقطع عليها بشكل مطابق ومواز للخط الذي تم رسمه على الخريطة والذي يمثل موضع المدرج, ومن ثم تثبت قيم الخطوط الكنتورية التي تتقاطع مع الخط المقطع على حافة الورقة.
ج- رسم خط أفقي اسفل الحافة المثبت عليها الأرقام وعلى مسافة مناسبة يمثل المسافة الأفقية للمقطع العرضي وفق مقياس رسم الخريطة.
د- رسم خطان بشكل متعامد على نهايتي الخط الأفقي يمثلان ارتفاع مستويات المدرجات وحسب الفاصل الرأسي بين الخطوط الكنتورية, حيث تمثل الأرقام المثبتة عليها قيم الخطوط الكنتورية التي يتقاطع معها الخط المقطع.
هـ- تثبت مواقع أرقام الخطوط وفق المسافة والارتفاع بين خط واخر أي باتجاهين افقي ورأسي.
و- توصيل تلك المواقع مع بعضها بخط متصل فيظهر الشكل العام للمقطع بشكل متعرج وعلى شكل مدرج, وقد تكون المدرجات متناظرة على جانبي النهر فتكون متساوية القيم في الارتفاع والامتداد, شكل رقم(5-5).

شكل رقم(5-5) مدرجات نهرية متناظرة



2- رسم مقاطع جيولوجية لتكوينات المدرجات والتي توضح نوع وسمك تلك التكوينات والتي تعطي الكثير من الدلائل عن طبيعة تكون تلك المدرجات, شكل رقم (6-5).
وتعد المدرجات ذات أهمية كبيرة في النشاط البشري بأنواعه المختلفة العمراني والاقتصادي, حيث تمثل مصادر مهمة للرمل والحصى الذي يستخدم في البناء كما أنها مناطق آمنة لا تطولها مياه الفيضانات, فضلا عن تصريف المياه فيها جيد لأنها ذات مسامية ونفاذية جيدة.

شكل رقم(6-5) مقاطع راسية للمدرجات

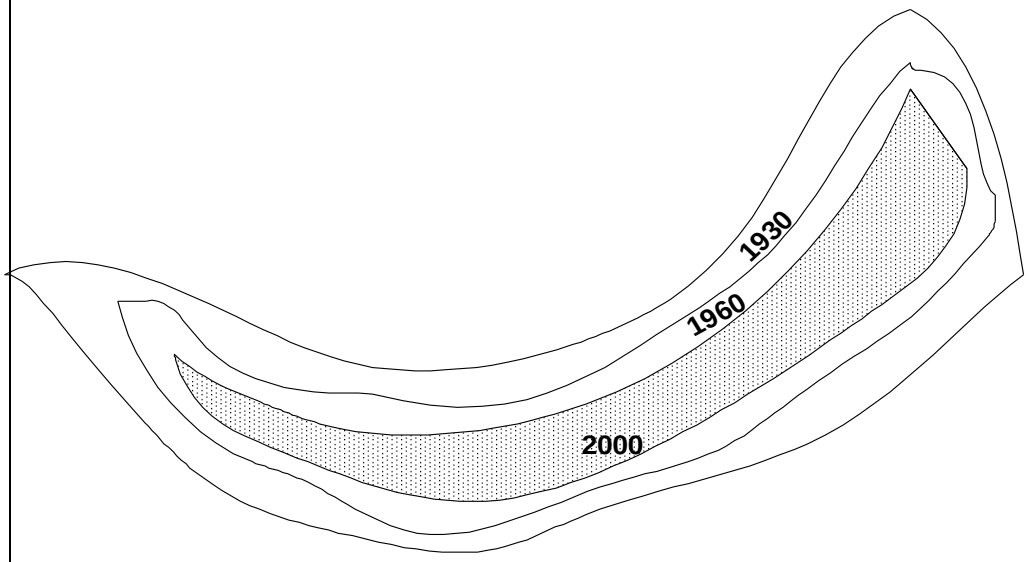


ثانيا- البحيرات الهلالية Ox- bow

وهي من مخلفات المنعطفات التي تركتها الأنهار عندما غيرت مجاريها, وتسمى هلالية لأنها تشبه الهلال او حذاء الفرس, فضلا عن التسميات الأخرى مثل البحيرات الميتة او المقطوعة او الشطوط, وتمثل مناطق منخفضة في السهول الفيضية ومعظمها مملوء بالمياه لذا تعد بيئة جيدة لنمو بعض انواع النبات الطبيعي حسب طبيعة المناخ السائد في منطقة وجودها.
وتشهد تلك البحيرات تطورا مستمرا تحت تأثير الظروف الطبيعية او النشاط البشري, ويظهر ذلك من خلال المقارنة بين شكلها وابعادها منذ أن وجدت وحتى الوقت الحاضر ومن خلال الصور الجوية والخرائط الكنتورية المتوفرة عنها , حيث تقلصت المساحة التي كانت تشغلها فقلت سعتها وامتدادها وانخفضت مناسيب المياه فيها, ويعود ذلك اما الى استغلال الانسان لاجزاء منها من خلال دفنها او بسبب قلة المياه الواردة أليها سطحية او جوفية, وعلى العموم تكون قمة المنعطف اكثر اتساعا وعمقا من بقية أجزاء البحيرة, شكل رقم(7-5).

ويكون لبعد او قرب البحيرة من مجرى النهر دور في استمرار وجودها حيث ترتفع مناسيب المياه في تلك البحيرة عند ارتفاعها في النهر إذا كانت قريبة منه, أو تستخدم لتصريف مياه الري الزائدة وتعد هذه الخاصية من فوائد البحيرات لخفض مناسيب المياه الجوفية في الأراضي المحيطة بها, وهذا بدوره يحافظ على استمرارية وجودها لفترة أطول .

شكل رقم(7-5) تطور شكل وابعاد البحيرات الهلالية



ولغرض متابعة التطور الذي تشهده البحيرات يمكن أجراء دراسات مورفومترية وكما في الجدول رقم(4-5)

جدول رقم(5- 4) يوضح الخصائص المورفومترية للبحيرات الهلالية

اسم البحيرة	موقعها	التغير في طول البحيرة/م			التغير في عرض البحيرة/م			اتجاه تقعر البحيرة	الموقع بالنسبة لمجرى النهر
		السنوات			السنوات				
الريحانة	مقاطعة الريحانة	1930	1960	2000	1930	1960	2000	شرقا	اليمنى
		700	600	450	220	170	140		

يحدد موقع البحيرة بالنسبة للمنطقة التي توجد فيها والجهة وكذلك التسمية حسب ما تحمله من اسم في الخرائط والوثائق الرسمية, وكذلك الموقع من المجرى الحالي شرق غرب شمال جنوب.

المبحث الثالث – مجرى النهر

يعني مجرى النهر القناة المحددة المعالم التي تجري فيها المياه من المنبع الى المصب وتكون منخفضة عن مستوى الأراضي المحيطة بها, وتتخذ أنماط متباينة في مقاطعها الطولية والعرضية , كما تتباين المجاري في طبيعة جريانها وتصريفها وأنماطها, وكما يأتي:

اولا- نوع المجرى وطبيعة الجريان:

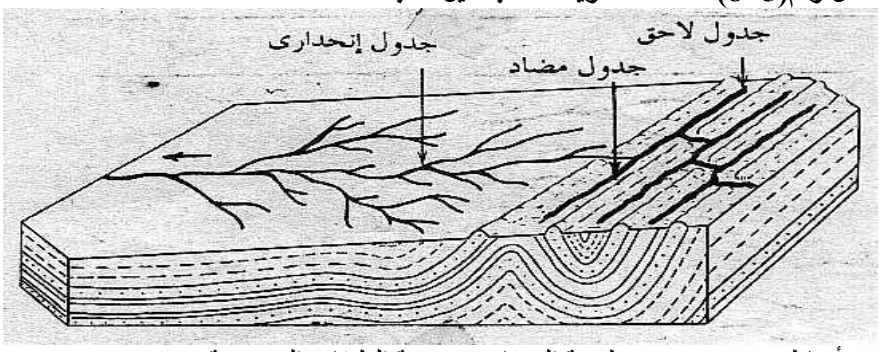
تتخذ مجاري الأنهار أشكالا عدة منها ما يأتي:
1- نهر وحيد إوثنائي المجرى او متعدد المجاري والذي يسمى جدائلي او ضفائري لانه يشبه جديلة أو ضفيرة الشعر.
2- مجرى عميق او ضحل.
3- مجرى مستقيم او متعرج.
4- مجرى شديد أو معتدل الانحدار.
5- نهر دائم الجريان او متقطع.

ثانيا- أنظمة التصريف النهري:
1- نظام التصريف البسيط:
تعد الأنهار التي تحدث فيها فترة فيضان واحدة ذات نظام بسيط وربما يكون غير منتظم في حدوثه ومناسيبه و يرتبط ذلك بكمية الأمطار وموسم سقوطها وكمية الثلوج وذوبانها.
2- نظام تصريف معقد من الدرجة الأولى, وهو نظام مزدوج يوجد في الأنهار التي تحدث فيها فترتي فيضان أحدهما بسبب الأمطار وأخرى بسبب ذوبان الثلوج في بداية فصل الصيف, او تساقط الأمطار في فترتين.
3- نظام تصريف معقد من الدرجة الثانية. ويظهر في الأنهار التي تمر في مناطق ذات خصائص مناخية متباينة, وتصب فيها عدة روافد ولكل واحد منها نظام متميز من حيث موسم التساقط, وهذا ما يساعد على استمرار التصريف النهري بمناسيب عالية حتى في الفصول الجافة, مثل نهر النيل والدانوب والمسيسبي.[6]

ثالثا- أنماط التصريف النهري:
تتباين أنماط التصريف النهري من مكان لاخر متأثرة بعدة عوامل طبيعية, منها ما يأتي:
1- طبيعة انحدار سطح الأرض.
2- نوع التراكيب الصخرية وطبيعة بنية الطبقات.
مدى تجانس التكوينات الصخرية.
3- نوع المناخ السائد في المنطقة
4- التطور المورفولوجي للمجرى.
5- اثر الحركات التكتونية وما ينتج عنها من التواءات وانكسارات تنعكس آثارها على التصريف المائي.
وتختلف أنماط التصريف حسب العامل المهيمن وكما يأتي:
1- أنماط تصريف حسب ميل الطبقات:
وتقسم الى عدة انواع منها ما يأتي:
أ- انهار تتبع مجاريها ميل الطبقات لذا تسمى انهارا تابعة Consequent steam.

ب- انهار تجري باتجاه معاكس لميل الطبقات فتسمى انهار معاكسة obsequent stream وتسمى في بعض الأحيان مضادة.
ج- انهار تجري مع مضرب الطبقات او بشكل مواز لخط الظهور وتسمى انهار تالية Subsequent stream , شكل رقم(5- 8).
د- انهار تجري في اتجاهات لاعلاقة لها بميل الطبقات فتسمى انهار غير محددة الاتجاه Insequent stream .[7]

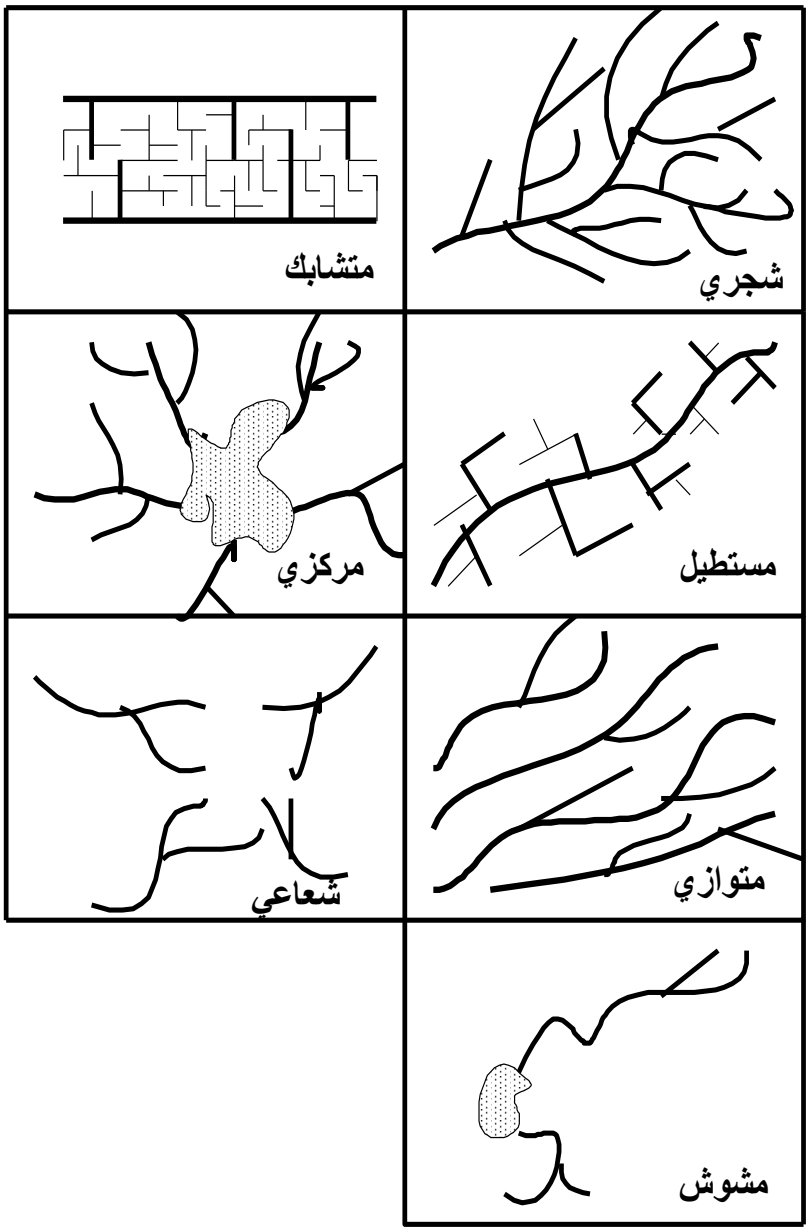
شكل رقم(5- 8) أنماط التصريف حسب ميل الطبقات



2- أنماط تصريف حسب طبيعة التضاريس وبنية الطبقات الصخرية.
تتحكم طبيعة التضاريس ومكوناتها بالتصريف النهري فنتج عن ذلك ظهور أنماط متميزة في المناطق التضاريسية المختلفة الجبلية والهضبية والمنبسطة والمنخفضة, ومنها ما يأتي:
أ- التصريف الشجري:
يسود هذا النوع من التصريف في المناطق الصخرية المتجانسة التركيب والبنية, اذ تلتقي الروافد مع بعضها بزاوية حادة وتكون كثيرة وقصير الروافد ة فتأخذ شكل شجري, شكل رقم(5- 9أ).
ب- التصريف المتشابك:
يظهر هذا النوع في المناطق ذات الحافات الصخرية والكويستات, حيث تكون الأنهار طولية ومتوازية وتتجه مع ميل الطبقات وتتصل بها روافد عرضية تشق مجراها في التكوينات اللينة أو الضعيفة وبزاوية قائمة, وينتشر على هذا النوع في المناطق ذات التراكيب الصخرية المتباينة الصلابة والمتضمنة صدوع وكسور وفواصل تتبعها المجاري, شكل رقم(9-5ب).
ج- التصريف المستطيل:
يتكون هذا النوع في المناطق التي تحتوي على مفاصل وفوالق وصدوع التي تتبعها المجاري وتلتقي مع بعضها بزوايا قائمة وتأخذ شكلا مستطيلا, شكل رقم(5- 9ج).
د- التصريف المركزي:
تتجه بعض المجاري في جريانها نحو المخفضات الحوضية من عدة جهات مثل الأنهار التي تنحدر نحو البحيرات البركانية, شكل رقم(5- 9د).
هـ- التصريف المتوازي:
وهي مجاري طولية تجري بشكل متوازي وتفصل بينها مسافات متقاربة, ويوجد في المناطق الصحراوية التي تغلب عليها صفة الانبساط, شكل رقم(9-5هـ).
و- التصريف الشعاعي:
تتجه المجاري التي تنحدر من أعلى القمم الجبلية في اتجاهات عديدة متخذة شكل شعاعي, شكل رقم(9-5و).

ز- التصريف المشوش:
يتكون هذا النوع في ظروف مناخية معينة حيث لا تتخذ المجاري شكل واضح وثابت ومنتظم اذ تتضمن الأجزاء العليا من تلك المجاري التواءات ويمر في مستنقعات واسعة, ويعد هذا النوع قليل الوجود وربما كان سائدا في الأزمنة الجيولوجية القديمة عندما حدثت تغيرات مناخية كبيرة, شكل رقم(9-5ز).[8]

شكل رقم(5- 9) أشكال التصريف حسب بنية الطبقات ونوع التضاريس



رابعا- تطور مجرى النهر:
يمر مجرى النهر بتطورات من حيث العمق والتوسع والامتداد الأفقي من مكان لاخر وكما يأتي:

1- تعميق المجرى :
تتظافر عدة عوامل في تعميق المجرى منها ما يأتي:
أ- قوة جريان الماء .
ب- تعرية او نحت القاع.
ج- وجود حفر وعائية في قاع المجرى.
د- ألحت او التجوية الكيميائية.
هـ- التجوية الميكانيكية بفعل قوة ضغط الماء في الفواصل والشقوق او قوة اصطدام الكتل المتدحرجة بالقاع.
و- طبيعة تكوينات قاع المجرى حيث تتعمق التكوينات الهشة اكثر من الصلبة.

2- توسع المجرى:
تتسع مجاري الأنهار في بعض المواضع بشكل متميز عما حولها لذا تتباين المقاطع العرضية لتلك الأنهار من مكان لاخر ويعود الى عدة أسباب منها ما يأتي:
أ- التعرية الجانبية وما ينتج عنها من عمليات انزلاق وانهيار بعد تقويض الأجزاء السفلي من الأجراف النهرية, وتكون على نطاق واسع في المناطق الهشة فتظهر أوسع من غيرها.
ب- فعل المياه الجوفية التي تتسرب من المناطق المحيطة بالمجرى والتي تعمل على تقويض الضفاف التي تمر من تحتها.
ج- تأثير الرياح من خلال ما تحدثه من أمواج تعمل على تأكل الضفاف.
د- مواقع التقاء الروافد بالمجاري الرئيسية.

3- إطالة المجرى:
يزداد طول المجرى لعدة أسباب منها ما يأتي:
أ- التعرية او النحت التصاعدي أي المتراجع وما يترتب عليه من تقويض او هدم الذي يحدث في بداية المنابع.
ب- وجود مخفضات عند منابع الأنهار على شكل أحواض تتجمع فيها المياه لتجري في الروافد فينتج عن ذلك عمليات تعرية وتجوية تتجه نحو أعلى المجرى فيزداد طوله.
ج- تكون المنعطفات والالتواءات في المجرى فتزيد من طوله.
د- تعرض بعض المصبات الى حركات رفع تكتو نية تعمل على زيادة طول المجرى.[9]

خامسا- التطبيقات الهيدرومورفومترية في دراسة مجاري أو قنوات الأنهار:
يمكن أجراء عدة تطبيقات مورفومترية وهيدرولوجية في مجاري الأنهار وكما يأتي:

1- التطبيقات المورفومترية:
أ- **رسم مقطع طولي لمجرى النهر:**

يعتمد رسم المقطع الطولي لمجرى النهر كاملا او لجزء منه على الخريطة الكنتورية التي تتضمن مجرى النهر من منبعه الى مصبه, حيث توضح الخطوط الكنتورية قيم ارتفاع كل جزء من المجرى والمسافة التي يشغلها, شكل رقم(5- 10أ) وتكون الخطوات كالأتي:

1- تحديد أعلى نقطة والتي تمثل بداية المجرى وادنى نقطة التي تمثل المصب, ومن ذلك يتم التعرف على الفرق في الارتفاع بين المنبع والمصب.

2- معرفة عدد الخطوط الكنتورية التي تقطع المجرى من بدايته الى نهايته, والمسافة بين خط واخر على الخريطة وما يقابلها على الأرض, والتي تمثل مجا ميعها الطول الحقيقي للنهر, و تكون في الشكل رقم(10)كما يأتي:

0--- 50= 10كم
50--- 100= 15كم
100--- 150= 20 كم
150---200=10ك
200---250=22كم
250—300=23كم
300---350=25كم
350---400=35كم

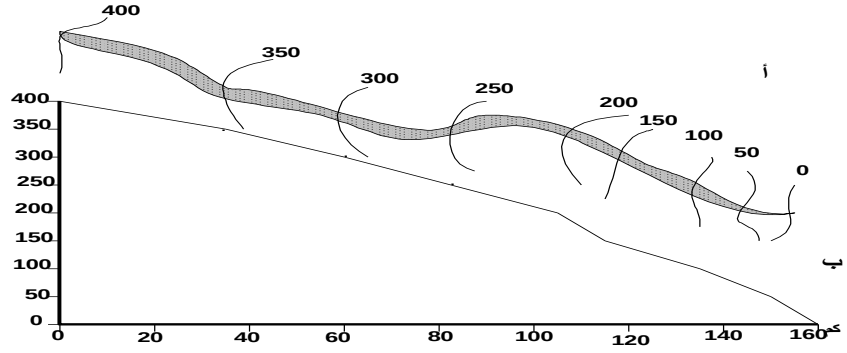
3- رسم خط أفقي يمثل طول المجرى ويقسم الى أقسام بما يتناسب مع قيم المسافات بين الخطوط الكنتورية والتي مجموعها 160كم.

4- رسم خطين يتعامدان على نهاية الخط الأفقي يمثلان الارتفاع والذي يمثل الفرق بين المصب والمنبع, وفي المثال السابق يساوي 400م, ويتم تقسيمهما الى أجزاء تتناسب مع مقدار الفاصل الرأسي بين خط واخر.

5- تحدد مواقع الخطوط حسب المسافة والارتفاع أفقيا ورأسيا من بداية المجرى الى نهايته

6 توصيل المواقع ببعضها بخط يظهر بشكل منحدر ومتعرج معبرا عن طبيعة المجرى , شكل رقم(10-ب).

شكل رقم(5- 10) مقطع طولي لمجرى نهر



ب- رسم مقاطع عرضية لقناة النهر :

تعبر المقاطع العرضية عن طبيعة اتساع المجرى وعمقه الذي يتغير من مكان لاخر متأثرا بعدة عوامل منها ماياتي :

1- تعرض الضفاف الخارجية للمنعطفات والالتواءات الى التآكل فتظهر على شكل أجراف مرتفعة شديدة الانحدار في حين تتعرض الجهة المقابلة والتي تسمى الضفة الداخلية الى الترسيب فتتقدم نحو المجرى وتكون على مستوى منخفض بطيء الانحدار.

2- مرور النهر في تكوينات متباينة الصلا بة إذ تتركز التعرية في المناطق الضعيفة وتقل في المناطق الصلبة لذا يتسع المجرى في الأولى ويضيق في الثانية

3- قلة تغيير سعة المجرى في الأنهار التي تجري في الشقوق والانكسارات التي تتضمنها الطبقات الصخرية الصلبة في بعض المناطق التي تمر بها مثل المناطق الهضبية والجبلية حيث يكون تأثير التعرية والتجوية في الضفاف محدود جدا.

4- اتساع مجاري الأنهار في المناطق ذات التكوينات الجيرية والطباشيرية التي تنشط فيها التعرية و التجوية.[6]

5- وجود جزر وسط المجرى تعمل على تقسيمه الى قسمين او اكثر فيتسع المجرى لتركز التعرية في إحدى الضفاف .

6- تأثير السد ود و الخزانات على مجاري الأنهار وخاصة بعد السد وذلك لتغير العمليات النهرية من تعرية وار ساب بسبب التحكم في كمية التصريف التي تنعكس آثارها على المجرى .

ومن الجد ير بالذ كر أن شكل قناة المجرى وسعتها وعمقها تنعكس أثاره على سرعة التيار الذي يقل مع سعة المجرى وضحالته وتزداد مع ضيقه وعمقه لقلة احتكاك جزيئات الماء بالمجرى .[10]

طريقة قياس المقطع العرضي

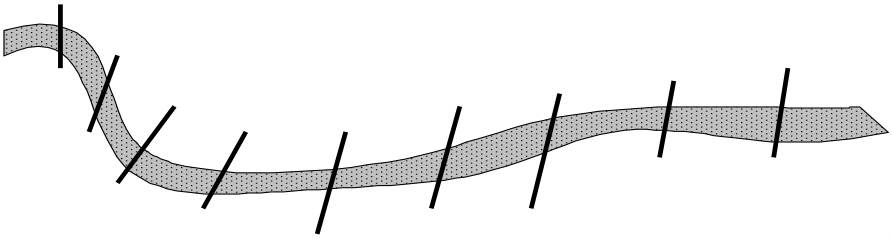
أن قياس المقاطع العرضية لمجاري الانهار يكون في الغالب على مسافات منتظمة بين مقطع واخر على طول المجرى او لجزء منه حسب نوع الدراسة والهدف منها, او يتم اختيار مواقع معينة تقع على مسافات متباينة على طول المجرى ضمن منطقة الدراسة, وتحتاج عملية القياس القيام بالخطوات الآتية:

1- تحديد مواقع المقاطع على خريطة المجرى شكل رقم(5- 11أ).

2- قياس سعة المجرى في كل موقع بواسطة شريط قياس معدني او من قماش او سلك طويل او بواسطة عداد سرعة الزورق المستخدم في عملية القياس.

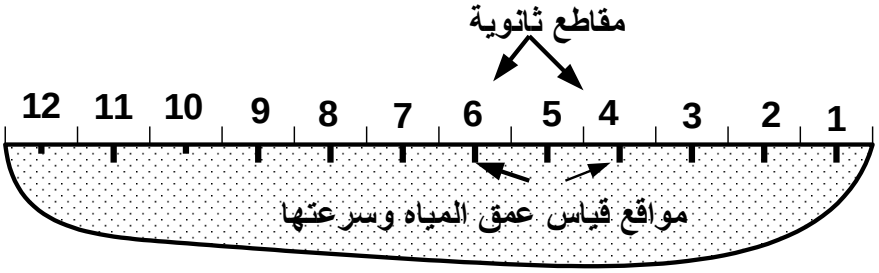
3- تقسيم المسافة العرضية حسب سعة المجرى في كل موقع الى اقسام صغيرة تتراوح ما بين 10 و30 م, أي تكون منتظمة وبشكل متساوي بين ضفتي المجرى, وفي بعض الأحيان قد لاتكون المسافات متساوية بين نقطة وأخرى أي طويلة بين بعض النقاط وقصيرة بين البعض الأخر, وهذا يتوقف على الهدف من الدراسة ففي حالة قياس المقاطع يرتبط بها قياس كمية التصريف يجب ان تكون منتظمة, شكل رقم(5- 11ب).

شكل رقم(5- 11أ) تحديد مواقع القياس على



المجرى

شكل رقم(11-5ب) تقسيم القطاع الى اقسام ثانوية وتعيين مواقع قياس العمق والسرعة

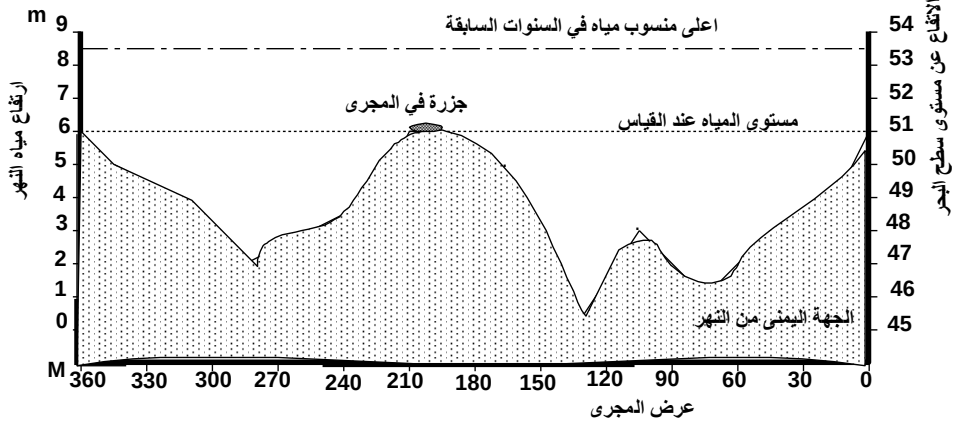


4- قياس عمق المجرى عند وسط كل جزء من الأجزاء الصغيرة وكما موضح في الشكل (11 ب) باستخدام قامة طويلة من الحديد او الخشب مدرجة او بواسطة سلك برأسه ثقل, وتدون تلك القيم في جدول خاص بها.

5-رسم خط أفقي يمثل طول المقطع أي سعة المجرى وتثبت عليه مواقع القياس وقيمها, ورسم خطين عند نهاية الخط الأفقي يمثلان عمق المياه في المقطع بالأمتار حيث يتم تقسيمهما الى أجزاء متساوية كل جزء يساوي متر او اقل أو اكثر, والتي على ضوءها تحدد المناطق العميقة والضحلة عند تثبيت قياس كل نقطة في مكانها ويرسم خط رأسي يتعامد على الخط الأفقي عند كل نقطة يوضح عمق المياه

فيها, ومن ثم توصيل النقاط ببعضها بخط متصل يوضح طبيعة قاع المجرى في المقطع , كما يوضح المناطق العميقة والضحلة ضمنه, شكل رقم(5- 12).

شكل رقم(12-5) مقطع عرضي لمجرى النهر(1/ 5/ 2002)



6- تحديد منسوب المياه في منطقة المقطع العرضي عند أجراء عملية القياس والتي توضح وضع مناسيب المياه في كل جزء من المقطع العرضي فتظهر المناطق العميقة والضحلة, كما يتضح من خلالها مواقع الجزر أن وجدت ضمن المقطع العرضي, ويمكن تحديد موقع أعلى منسوب للمياه شهده النهر في فيضانه والذي يكون أعلى من الضفاف لغرض المقارنة بين مناسيب المياه لعدة فترات مختلفة.

7- تدوين مكان وتاريخ عمل المقطع العرضي لغرض أجراء مقارنة بينها عندما تتوفر مقاطع لفترات زمنية مختلفة لنفس الموقع فتظهر التطورات التي شهدتها ضفاف النهر بين فترة وأخرى والعمليات التي آثرت فيها.

أهمية دراسة المقاطع العرضية:

تعد دراسة المقاطع العرضية ذات أهمية كبيرة في مجالات عدة منها ما يأتي:

1- الاستفادة من قياس مساحة المقطع العرضي في معرفة كمية تصريف المياه المارة في المقطع خلال فترة زمنية محددة.

2- تحديد مواقع التعرية والارساب في قاع المجرى من خلال قياس عمق المياه في مواقع مختلفة.

3- توضيح المناطق التي تعرضت الى التراجع ا والتقدم في الضفاف بين فترة وأخرى, حيث تتراجع الضفاف التي تتعرض الى التعرية وتتقدم الضفاف التي تتعرض الى الارساب, ويظهر بشكل واضح في المناطق التي تلتحم بها الضفاف بالجزر فتتحول الى جزء من اليابس.

4- بيان المواضع العميقة التي يتركز عندها الجريان وتزداد سرعته ومن ثم نشاط التعرية والمواضع الضحلة التي تقل فيها سرعة الجريان فتقل التعرية ويزداد الارساب.

5- معرفة المحيط المبتل الذي يمثل طول قاع المجرى مع الضفاف في المقطع العرضي, والذي من خلال العلاقة بينه وبين مساحة المقطع العرضي يمكن معرفة نصف القطر الهيدروليكي والذي تعبر

قيمته عن قوة احتكاك الماء بالقاع, فكلما كانت القيمة عالية تدل على ضعف الاحتكاك وقلة التعرية وبالعكس.[11] وتستخدم الصيغة الآتية للتعبير عن تلك العلاقة

$$R = \frac{A}{WP}$$

A . مساحة المقطع العرضي (Area)

WP. طول المحيط المبتل(Wetted perimeter)

وتتطلب الدراسة المورفومترية للمقاطع العرضية عمل جداول تتضمن معلومات عن جميع العناصر في تلك المقاطع كما في الجدول رقم(5-5).

ومن الجدول مساحة المقطع على سبيل المثال 1430م^2 وطول المحيط المبتل 340م

نصف القطر الهيدروليكي= $\frac{1430}{340}$ =4,20

وتعد تلك القيمة منخفضة أي التعرية عالية في هذا المقطع من المجرى.

جدول رقم (5-5) الخصائص المورفومترية للمقاطع العرضية لمجرى النهر

رقم المقطع وموقعه	طول المحيط المبتل(م)	معدل عمق المقطع(م)	عرض المقطع(م)	مساحة المقطع(م^2)	قيمة نصف القطر الهيدروليكي
عند محطة الماء الجهة اليسرى	**340**	**5**	**286**	**1430**	**4,20**

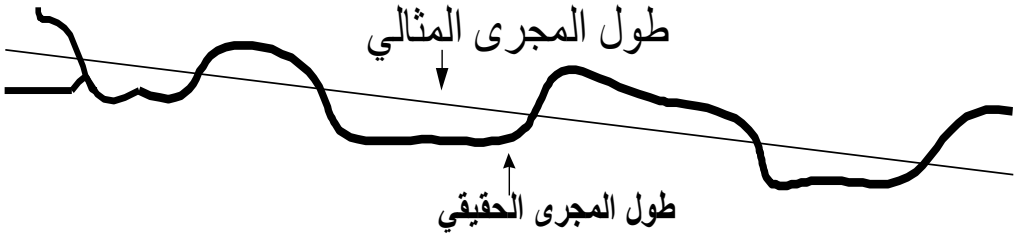
كما يمكن أيجاد العلاقة بين المحيط المبتل وسعة المجرى,فكلما كانت القيمة عالية تدل على عمق المجرى في المقطع العرضي, وعليه تكون المياه في تلك المواقع لها القدرة على التعرية وحمل الرواسب, على سبيل المثال كانت القيمة في المثال السابق $\frac{340}{286}$ = 1,18 وتعد تلك القيمة منخفضة, لأنها تكون مرتفعة إذا كانت 1,5 فاكثر.

ج- تطبيقات مورفومترية في دراسة المنعطفات:

المنعطفات عبارة عن تقوسات او انحناءات في مجرى النهر تعود الى طبيعة تكوينات القاع والضفاف وعمليات التعرية والارساب التي تحدث في المجرى.
ففي المناطق الصخرية الصلبة يتبع النهر في جريانه الفوالق والكسور لذا فان ما يتضمنه المجرى من منعطفات في تلك المناطق لاتعود الى عمليات التعرية والارساب بل ناتجة عن طبيعة الصدوع والانكسارات التي يجري النهر ضمنها, وعليه لاتشهد مثل تلك المنعطفات تطورا او تغيرا مثل ما يحدث في مجاري الأنهار التي تمر بالسهول الفيضية حيث تشهد تطورا مستمرا لنشاط عمليات

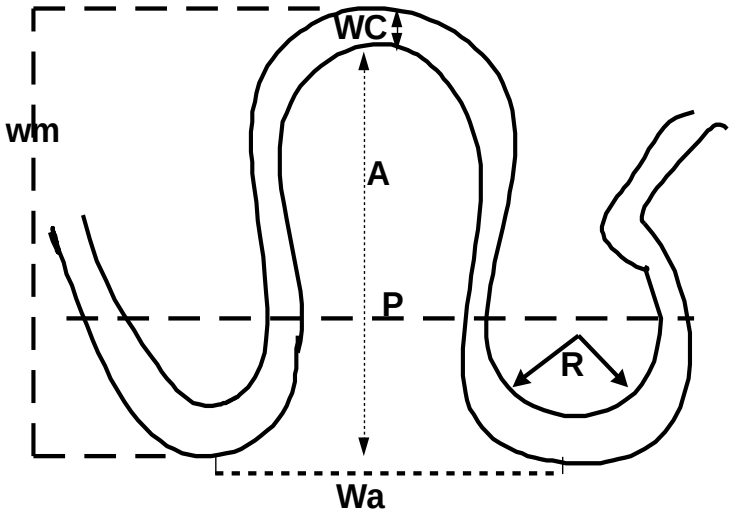
التعرية والارساب التي تؤدي الى تكون العديد من المنعطفات فيزداد طول المجرى, وقد يكون فعل التعرية نشط جدا فيعمل على تغير المجرى.
وتعد تلك العمليات ذات مخاطر كبيرة على النشاط البشري في منطقة السهول الفيضية وخاصة القريبة من الضفاف.
وتختلف الانهار عن بعضها في نسبة التعرج والذي يتم التعرف عليه من مقدار الطول الحقيقي والمثالي للنهر شكل رقم(5- 13), ويعني الطول المثالي الخط المستقيم الذي يبدأ من المنبع وينتهي بالمصب ويكون اقل طولا من الحقيقي, ومن قسمة الحقيقي على المثالي تظهر نتائج متفاوتة من نهر لاخر وتكون النتائج مابين 1 و4 حيث يكون النهر مستقيما إذا كانت النسبة 1,1 ومتعرجا عندما تكون ما بين 1,1 و 1,5 ويكون عالي الالتواء او الانعطاف إذا تجاوز 1,5.

شكل رقم (5-31) الطول الحقيقي والمثالي لمجرى النهر



ولغرض إجراء دراسة مورفومترية متكاملة للمنعطفات يجب قياس عناصرها الموضحة في الشكل رقم(14-5) والمتمثلة بما يأتي:

شكل رقم(14-5) عناصر المنعطفات



1- سعة القناة في المنعطف Wc والتي تكون واسعة بشكل متميز في قمته لتركز التعرية في الضفاف الخارجية لقمة المنعطف.
2- طول موجة المنعطف Wa وتعني المسافة بين قمتي المنعطف.
3- نطاق المنعطف Wm ويعني مقدار امتداده من بداية انعطافه الى قمته.
4- مدى المنعطفA وتمثل المسافة بين قاع المنعطف وقمة موجة الانعطاف.
5- نصف قطر انحناء أو تقوس المنعطفR الذي يعبر عن طبيعة انحناء المنعطف في قمته.
6- طول المجرى في المنعطف T .
7- نقطة تغير الانعطاف P.[12]
ولغرض أيجاد العلاقة بين عناصر المنعطف يتم عمل جدول يتضمن قيم تلك العناصر وكما في الجدول رقم(6-5)

جدول رقم (5- 6) الخصائص المورفومترية للمنعطفات

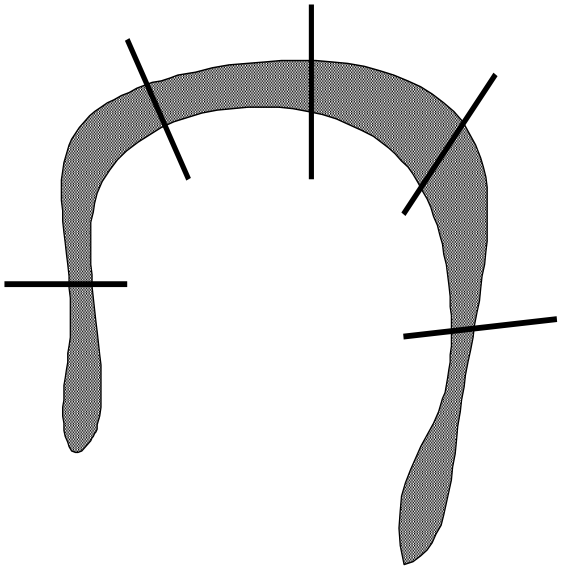
اسم او رقم المنعطف وموقعه	طول الموجة أو المحور/كم	طول المجرى في المنعطف/كم	المدى/ كم	معدل عرض المنعطف/م	نسبة التعرج	نسبة طول المجرى إلى معدل العرض	اتجاه تقعر المنعطف
الدوار رقم 1	3	4,5	2	390	1,5	7,5	شمالا

ومن تلك القيم يمكن التعرف على العلاقة فيما بين بعض تلك العناصر ومنها ما يأتي:

1- نسبة تموج المنعطف= $\frac{T}{Wa} = \frac{4,5}{3} = 1,5$

2- نسبة العلاقة بين طول المجرى في المنعطف ومعدل العرض ضمن موجة الانعطاف والذي يحتاج الى قياس العرض في عدة مواقع وتجمع وتقسم على عددها, شكل رقم(15-5).

شكل رقم(15-5) مواقع قياس عرض مجرى النهر في المنعطف



ومن الجدول نسبة العلاقة $\frac{T}{Wc} = \frac{4500}{390} = 7,5$

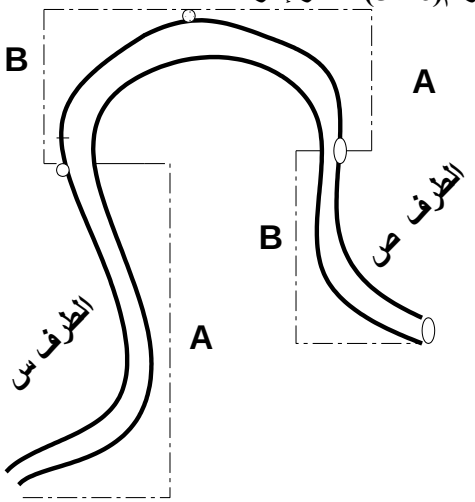
3- تناظر او عدم تناظر أطراف المنعطفات والالتواءات في أبعادها.

تجري مقارنة أطراف المنعطفات من خلال قياسها حسب معادلة(Whitesell):

$$100x\frac{A}{B+A}$$

حيث يمثل A طول المجرى قبل نقطة الانحراف في قمة المنعطف في الطرف ص وB تمثل المجرى بعد A , اما في الطرف سB تمثل طول المجرى قبل نقطة الانحراف في قمة المنعطف وA ما بعده, شكل رقم(16-5). [13]

شكل رقم(16-5) تناظر إطراف المنعطف



ان معرفة تناظر وعدم تناظر أطراف المنعطفات يحتاج الى قياسها وعمل جداول لتلك القيم مثل جدول رقم(7-5).

جدول رقم(5- 7) قيم التناظر في المنعطفات

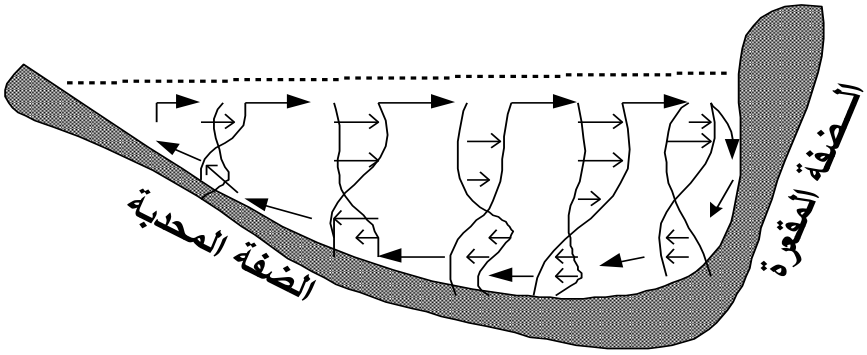
اسم المنعطف ورقمه	الطرف س		قيمة معيار التناظر	الطرف ص		قيمة معيار التناظر	صفة التناظر
	طول الجزءA	طول الجزءB		طول الجزءA	طول الجزءB		
1	1250	1200	51,4	800	1500	34,7	غير متناظرة

ومن خلال المقارنة بين قيم التناظر بين الطرفين يتضح تناظرها او عدم تناظرها, فإذا كانت القيم ما بين 45و 55 تكون متناظرة, اما إذا ازدادت او قلت القيم عن هذا المدى فيدل على عدم التناظر, ففي المثال السابق يقع الطرف الأول س ضمن مدى التناظر أما الطرف الثاني ص اقل من الحد الأدنى لمدى التناظر, لذا يعد طرفي المنعطف غير متناظرة.

حركة تيار المياه ضمن المنعطف

تتخذ حركة المياه ضمن المنعطف وضعا مختلفا عما في المجرى الاعتيادي بسبب التواء او انعطاف المجرى فيتغير اتجاه التيار من ضفة لأخرى ضمن المنعطف , لذا تتركز التعرية في جهة والترسيب في جهة أخري, ولا يتوقف الأمر عند هذا الحد بل تحدث تيارات سفلية راجعة من الضفة المقعرة التي يجري نحوها التيار العام بقوة فيعمل على تعريتها ويتجه نحو الضفة المحدبة المقابلة حاملا معه الرواسب التي يرسبها فوقها فتعمل على تقدم تلك الضفاف وتراجع الضفاف المقعرة, شكل رقم(17-5).

شكل رقم(17-5) جريان تيار المياه ضمن المنعطفات



د- تطبيقات مورفومترية في دراسة الجزر النهرية:

تتكون الجزر النهرية في مجاري الانهار نتيجة لتظافر عدة عوامل هي:

1- ارتفاع حمولة النهر من الرواسب خاصة أثناء الفيضانات.

2- انخفاض سرعة جريان النهر لاسباب عديدة منها ما يأتي:

أ- قلة انحدار المجرى.

ب- اتساع المجرى.

ج- وجود معوقات للجريان طبيعية او بشرية تعمل على تقليل سرعة الجريان ومن ثم زيادة الترسيب.

د- وجود منعطفات ضمن المجرى والتي تعمل على أحداث تغيرات في سرعة الجريان بحيث تزداد في جهة وتقل في أخرى من المجرى ضمن المنعطف, لذا تتركز الرواسب في جهة والتعرية في الجهة الأخرى.

هـ- التقاء الروافد بالمجرى الرئيسي.

و- دخول النهر في بحيرة او مستنقع مما يؤدي الى انخفاض سرعة الجريان.

ز- انخفاض التصريف بشكل مفاجئ .
ح- إقامة الجسور والسدود على الانهار والتي تحكمت بكميات التصريف ومن ثم القدرة على حمل

موقع الجزرة أو رقمها	طول الجزرة	اقرب ضفة للجزرة	متوسط عرض الجزرة	مساحتها	شكلها	ارتفاعها عن منسوب المياه	نوع التربة	نوع النبات الطبيعي الذي يغطيها		تاريخ ظهورها

الرواسب, وقد ساعد ذلك على ثبات الجزر في مجاري الانهار التي تقع بعد السدود لعدم قدرة المياه المتدفقة من خلالها على إزالة الجزر التي تكونت خلال فترة انخفاض المناسيب .
وتحتاج دراسة الجزر الى قياس أبعادها والتي يمكن من خلال المقارنة بين قيمها ولفترات زمنية مختلفة التعرف على التطورات التي شهدتها بمرور الزمن, ويتم عمل جدول يتضمن عناصر متنوعة عن الجزر كما في الجدول رقم(5- 8).

جدول رقم(8-5) العناصر التي تتم دراساتها في الجزر

فيما يلي توضيح للفقرات التي يتضمنها الجدول:
1- موقع الجزرة لاقرب ظاهرة طبيعية او بشرية او رقمها حسب التسلسل الذي وضعه الباحث والذي يثبت فوق موضعها الذي يظهر على خريطة المجرى.
2- اقرب ضفة للجزرة اليسرى ام اليمنى ومقدار البعد عنها, وربما تكون في موقع وسط بين الضفتين.
3- طول الجزرة ويعني أقصى امتداد لها بالأمتار.
4- متوسط عرض الجزرة والناتج عن قياس عدة مواقع تشمل بدايتها ووسطها ونهايتها, وتجمع القيم وتقسم على عددها.
5- شكل الجزرة التي هي عليه عند القياس مستطيل أم مخروطي او شبه دائري او مغزلي .
6- ارتفاع مستوى الجزرة عن منسوب المياه عند تاريخ القياس وذلك لتغير المنسوب من وقت لاخر حسب نظام تصريف النهر حيث تنخفض وترتفع المناسيب في فصول معينة, والتي منها يمكن استنتاج هل الجزرة تغمرها المياه ام لا عند ارتفاع مناسيبها.
7- نوع التربة التي تتكون منها الجزرة, حيث يتم اخذ نماذج من مواضع متعددة وأعماق مختلفة وتحلل مختبريا.
8- مساحة الجزرة من خلال قياسات الإبعاد الطول والعرض وحسب شكلها تستخرج المساحة.

9- نوع النبات الطبيعي الذي يغطي الجزرة والذي يعبر عن حداثة او قدم تلك الجزرة, فإذا كان قصير ونوع واحد او نوعين يدل على حداثتها وإذا متنوع ومرتفع يدل على قدمها.
10- تاريخ ظهور الجزرة, فالقديمة يمكن الرجوع الى خرائط المجرى او الصور الجوية التي توضح وجودها أو عدم وجودها خلال فترة التصوير, ويفضل أن تكون لفترات مختلفة والتي من خلالها يمكن التعرف على التطور الذي شهدته كل جزرة.

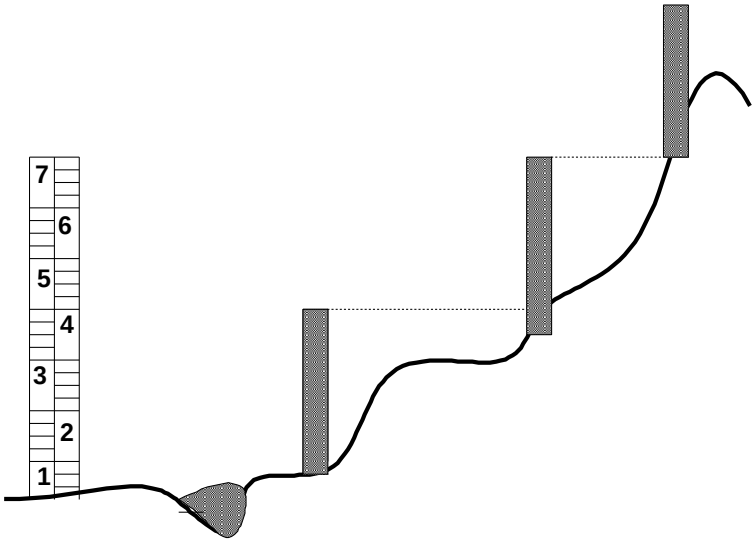
2- التطبيقات الهيدرولوجية:

تشمل التطبيقات والهيدرولوجية قياس مناسيب المياه وكمية التصريف وكيفية تمثيلها هيدروغرافيا, والتي سيتم تناول كل واحد منها على حده.

أ- قياس مناسيب مياه النهر:

تتغير مناسيب مياه الانهار من فصل لاخر ومن سنة لأخرى متأثرة بعدة عوامل طبيعية وبشرية, ومن أهمها عدم انتظام سقوط الامطار والثلوج.
ويؤثر ارتفاع المناسيب وانخفاضها على الأنشطة المختلفة التي ترتبط بالنهر بشكل مباشر او غير مباشر, وعليه تقوم الأجهزة المسؤولة عن إدارة الانهار بقياس المناسيب بعدة وسائل والتي شهدت تطورا كبيرا لتكون اكثر دقة مما كانت عليه, ومنها ما يأتي:

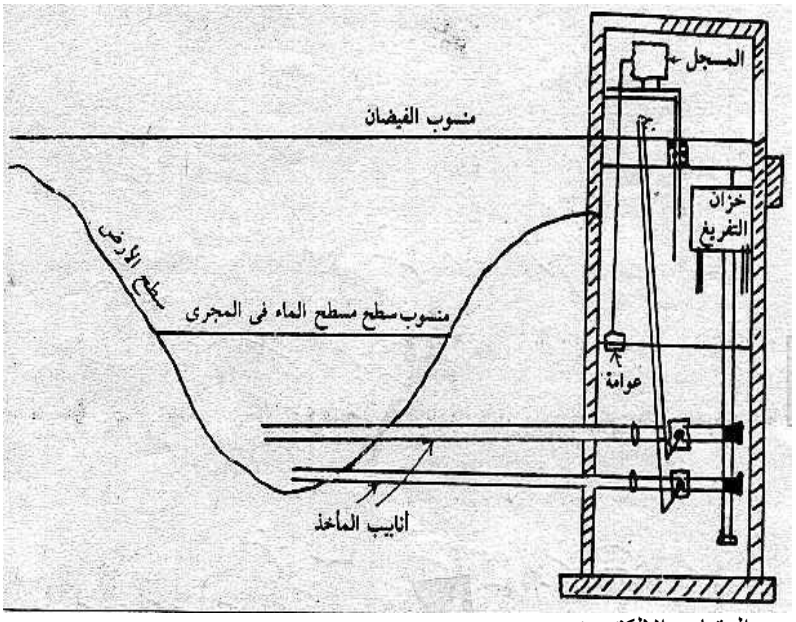
1- قامات مدرجة وثابتة:
تستخدم القامات بأوضاع ومواقع مختلفة حسب طبيعة ضفاف النهر التي يراد قياس المناسيب عندها وبشكل ثابت ومستمر, لذا يثبت بعضها على دعامات الجسور وهي عبارة عن قامة حديدية ذات طول ملائم لارتفاع وانخفاض المناسيب, وفي حالة عدم توفر جسر او عدم ملاءمته يتم تثبيت تلك القامات في مواضع معينة عند الضفاف بحيث تكون في مأمن من عمليات التعرية والارساب, ويوجد نوعين من القامات الاول قامة واحدة مدرجة الى أمتار واجزاء المتر وعلى ارتفاع عدة أمتار حسب المنسوب الأعلى المتوقع.
اما الثاني على شكل قامات متعددة وفي وضع متدرج وملائم لطبيعة الضفاف المعتدلة او بطيئة الانحدار فتكون كل قامة مكملة للأخرى وبدون انقطاع , شكل رقم(5-81).
ولغرض متابعة التغيرات المستمرة في المناسيب تنظم سجلات للقراءات اليومية والمتوسطات الشهرية والسنوية والتي من خلالها يمكن أجراء مقارنات بين الفترات المختلفة.
شكل رقم(18-5) قامات قياس المناسيب



2- مقاييس متحركة او غير ثابتة:
تعد تلك المقاييس بسيطة وتستخدم لقياس المناسيب في مناطق معينة ولفترة محدودة ومنها ما يأتي:
أ-قامة حديدية او خشبية مدرجة يصل ارتفاعها الى عدة أمتار وتكون خفيفة الوزن وربما تكون على شكل اقسام اثنين او ثلاثة يسهل ربطها ببعضها لقياس اعمق المناطق.
ب-سلك بنهايته ثقل يحافظ على استقامته بسبب قوة التيار, ويكون مدرج بإحدى وحدات القياس.

3- مقاييس التسجيل الذاتي:
رغم سهولة استخدام المقاييس الثابتة والمتحركة ألا أنها متعبة وخاصة عندما ترتفع المناسيب بشكل مفاجئ وحدوث فيضانات, حيث تتطلب الحالة قراءة المناسيب بشكل مستمر وعلى طول الوقت, وعليه تستخدم الأجهزة التي تقوم بمتابعة التغيرات بشكل ذاتي او أوتوماتيكي, ومن تلك الأجهزة ما يأتي:
أ-المقياس الآلي:
يحتاج هذا المقياس عمل محطات خاصة قرب المجرى ومد أنابيب لنقل المياه من المجرى الى المحطة فتنتقل التغيرات في المناسيب اليه كما في المجرى والتي تعمل على تحريك عوامة تتصل بمؤشر يتحرك فوق ورق بياني مثبت على اسطوانة تدور بمعدل ثابت وبشكل ميكانيكي, شكل رقم (5- 19).

شكل رقم(5- 19) مقياس مناسيب المياه الآلي



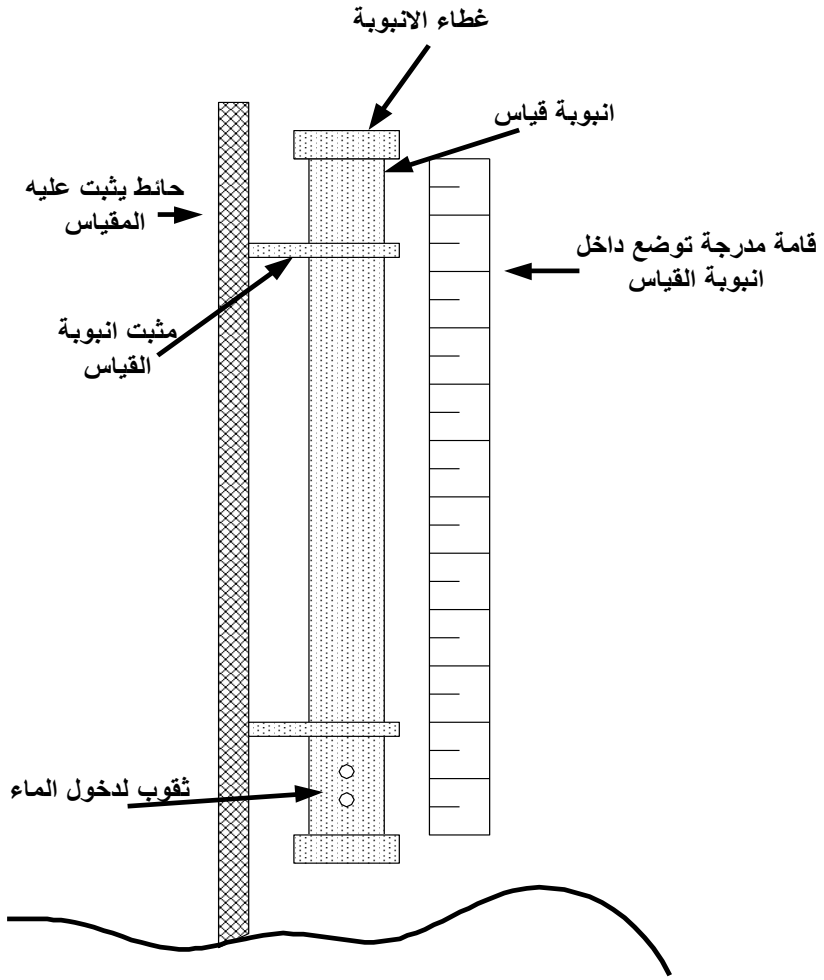
ب-المقياس الإلكتروني:

استخدمت تلك المقاييس في مجال قراءة المناسيب باستعمال كارت خاص مصمم لهذا الغرض يحتوي على معلومات تتعلق بالمناسيب وأخرى تتعلق بالزمن, وتعد تلك الأجهزة عالية الدقة ويسهل استخدمها لذا تستعمل في قياس سيول الأودية الجافة عند سقوط الامطار.

ج-مقياس المناسيب القصوى:

يستخدم هذا النوع لتسجيل أعلى منسوب مياه لثبات المؤشر او العوامة عند أعلى نقطة يصلها, و بعد قراءة المنسوب يتم تحريك المؤشر ليكون جاهزا للتسجيل اللاحق, وهو على انواع منها على شكل أنبوب مثبت بشكل عمودي على حامل او دعامة جسر ومغلق من الأعلى ويتضمن فتحات لدخول الماء من الأسفل, وتوجد بداخله قامة مدرجة على طوله وتوجد مادة خاصة تطفو او تذوب في الماء بحيث تترك أثرا على القامة عند أقصى حد تصله المياه, فعند استخراج القامة يظهر الأثر واضحا عليها, شكل رقم (5- 20).[14]

شكل رقم(20-5) مقياس المناسيب العالية



ب- قياس تصريف المياه:

المقصود بالتصريف كمية المياه المارة في قناة النهر عند نقطة معينة في فترة زمنية محددة, وتقاس بالمتر المكعب في الثانية(م^3 / ثا).

وتستخدم المعادلة آلاتية لقياس التصريف Q=WV

Q كمية التصريف, W مساحة المقطع العرضي, V سرعة جريان الماء في المقطع.

ويتطلب قياس التصريف الإجراءات آلاتية:

1- اختيار مواقع مناسبة يمكن أجراء عمليات القياس عندها, مثل جسر او منطقة يسهل مد سلك بين ضفتيها ويسهل تحرك الزورق عبرها.

2-قياس المقطع العرضي المار الذكر ويقسم الى اقسام متساوية في السعة, على سبيل المثال عرضه 240م يقسم الى 12 قطاع طول كل واحد 20م , ويثبت في وسطه موقع قياس العمق والسرعة, وكما في الشكل رقم (11-5) الفقرات السابقة.

3- قياس عمق المجرى عند وسط كل قطاع صغير والتي تسمى في بعض الأحيان القطاعات الرأسية والتي يستفاد منها في المجالات آلاتية:
أ- معرفة مساحة المقطع العرضي من خلال ضرب طول المقطع في متوسط أعماق القطاعات الصغيرة, او للدقة من مجموع مساحات القطاعات الصغيرة(طول المقطعx العمق).
ب- قياس سرعة الجريان يعتمد على عمق المياه لأنها تكون على مستويين علوي وسفلي, العلوي يمثل 20% من العمق الكلي والسفلي 80% منه, فعلى سبيل المثال العمق 3م يكون العمق الأول 60سم($\frac{20x300}{100}$ = 60سم).

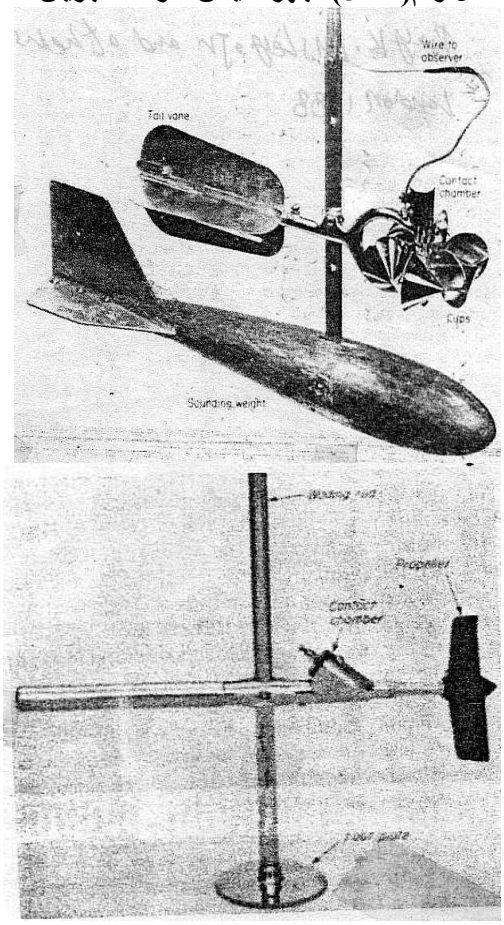
أما السفلي فيكون على عمق 240سم($\frac{80x300}{100}$ = 240سم).

4- قياس سرعة الجريان:
بعد قياس عمق كل نقطة على طول المقطع وتحديد مستويات أعماق قياس السرعة العليا والسفلى يتم قياسها باستخدام أجهزة القياس المتاحة, و من جمع وتقسيم الناتج نحصل على متوسط سرعة الجريان عند كل نقطة, والتي من ضربها في مساحة المقطع الصغير نحصل على كمية التصريف ضمنه ومن مجموع كميات التصريف في المقاطع الصغيرة نحصل على كمية التصريف في المقطع الكبير, وهنالك طريقة أخري هي ضرب متوسط التصاريف في المقاطع الصغيرة في مساحة المقطع عامة, والتصريف في أي مقطع يساوي(طول المقطع x العمقx متوسط السرعة).
مثال طول مقطع 20م متوسط عمق المياه 3م متوسط سرعة الجريان 2م/ثانية, فكمية التصريف= 2x3x20 =120م^3 / ثا.
ومن الجدير بالملاحظة إذا كان أحد المقاطع الصغيرة ضحل لايمكن أجراء قياس سرعة الجريان على مستويين يكتفي بالقياس على مستوى واحد في منتصف العمق.
وفي بعض الأحيان ولغرض السرعة في قياس كمية التصريف يتم اختيار مواقع معينة ضمن القطاع العرضي وعلى مسافات متباينة وتقاس الأعماق وسرعة الجريان فيها وتؤخذ متوسطاتها وتضرب في طول المقطع, وهي اقل دقة من الأسلوب السابق.

الأجهزة المستخدمة في قياس سرعة الجريان:

تقاس سرعة الجريان بعدة أج هزة ألا أن الشائع منها الكرينتميتر(Current meter) وهو على نوعين البرايس والبروبلير(Price and Propeller) والأول اكثر شيوعا من الثاني ويتكون من ستة بوتقات مخروطية الشكل ومثبتة على عجلة تدور حول محور رأسي وهي مثبتة على عمود في أسفله ثقل يصل وزنه الى 10 كغم للمحافظة على الوضع العمودي او الرأسي, ويوجد في الجهة الأخرى المقابلة للبوتقات عدد من الريش للمحافظة على الاتجاه والتوزان , شكل رقم(20-5أ), ويستخدم كابل لانزال الجهاز في الماء ويفضل آن يكون مقسما الى أمتار لغرض الدقة في القياس وفق العمق المحدد, ويتصل بالبوتقات الدوارة أسلاك لنقل الحركة الى جرس رنان والذي تزداد دقاته مع زيادة السرعة وبالعكس, لذا يتمكن الراصد من تسجيل ذلك وخلال وقت محدد بالثواني, وفي ظل التطور الإلكتروني فان الدقة في التسجيل افضل من السابق حيث تنتقل الحركة الى الأجهزة الإلكترونية فتظهر القيمة بشكل مباشر.
اما النوع الثاني والبروبلير فيختلف بعض الشيء عن الاول اذ توجد مروحة تدور على المحور بدل البوتقات والباقي نفس النظام , شكل رقم(5- 21ب).[15]

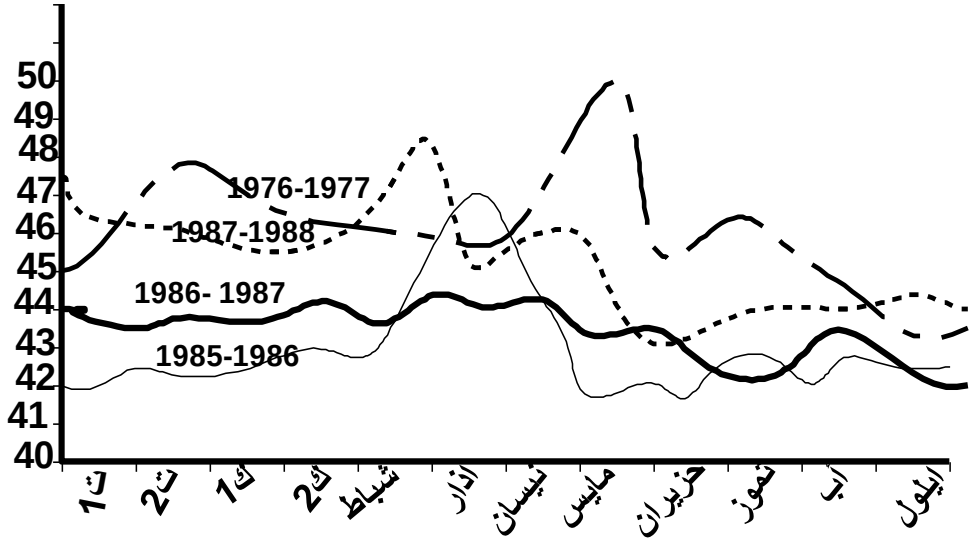
شكل رقم(21-5) أجهزة قياس سرعة الجريان



ج-تمثيل المناسيب والتصاريف هيدروغرافيا:

تستخدم الأشكال الهيدروغرافية لتوضيح المناسيب والتصاريف الشهرية والسنوية والتغيرات التي تشهدها من سنة لأخرى , إذ يمكن أجراء مقارنات بين التصاريف أو المناسيب لعدة سنوات بواسطة تلك الأشكال فتظهر الفرو قات واضحة زيادة أم نقصان , ويتكون الشكل الهيدروغراغي من خط أفقي يمثل الأيام او الأشهر او السنوات التي يراد رسم شكل لها, وخط يتعامد على إحدى نهايتي الخط الأفقي يمثل المناسيب او التصاريف, والتي يجب أن تكون متميزة عن بعضها بخطوط ملونة او مختلفة السمك او النوع, شكل رقم(5- 22).

شكل رقم(22-5) شكل هيدروغرافي لمناسيب المياه



مراجع الفصل الخامس