وزارة التعليـم العـالي والبحـث العلـمي
جامعة الانبار/كلية التربية للعلوم الانسانية
قسـم الجغرافية

الجيومورفولوجي التطبيقي

APPLIED GEOMORPHOLOGY

علم اشكال سطح الارض التطبيقي

د. امير محمد خلف الدليمي

مقرر دراسي للمرحلة الثالثة لكيليات التربية للعلوم الانسانية/ قسم الجغرافية/ جامعة الانبار
للعام الدراسي (2021 – 2022)

ادناه رابط المحاضرات على قناتي في يوتيوب//

https://youtube.com/channel/UC7HzbFJ7wdCTE7o92sx_ueg

[2022 - 2021]

علم شكل سطح الأرض التطبيقي

(APPLID GEOMORPHOLOGY)

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، اذ 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 يدرس علم الجيومورفولوجي 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 لأخر، 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.

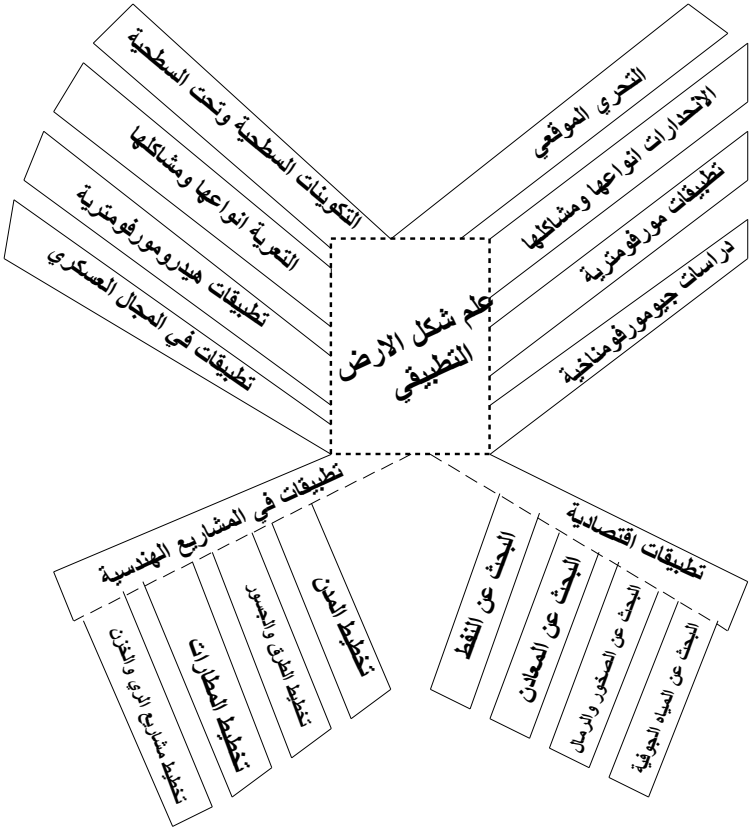
5- *التطبيقات الهيدرومورفومترية في دراسة الأنهار*، أي استخدام الأساليب التفسيرية والقياسية الجيومورفولوجية والهيدرولوجية في دراسة أحواض وأودية وقنوات الأنهار، وعلاقة ذلك بالأنشطة المختلفة.

6- أهمية المعلومات الجيومورفولوجية في اختيار المواقع والمواضع الملائمة للعمران ومشاريع الري والطرق والجسوروالسدود والخزانات 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 اشكال سطح 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 الجغرافيةGIS 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، ولاتزال 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 أسهم 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.

مناهج الدراسة لعلم إشكال سطح الأرض التطبيقي:

اعتمدت الدراسات الجيومورفولوجية طريقتان للبحث والتحليل رافقتا تطور الفكر الجيومورفولوجي الحديث هما طريقة الفرض المسبق ، والطريقة الاستقرائية اوالاستنتاجية .

1. طريقة الفرض المسبق :

تعتمد هذه الطريقة منهج البحث التاريخي لدراسة إشكال سطح الارض ، ومراحل تطوره فهي تفترض شكلا معينا لسطح الأرض ، تعود نشأته لأصول خاصة ثم تجمع الحقائق الأساسية عنه من الملاحظات والبيانات الميدانية ، لتصنف وتقارن مع البيانات المفترضة لفحص مدى تطابقها أو تباينها ويبقى الفرض المسبق متحكما في المناقشة لإثبات الحقائق بين الحالة القائمة والحالة المفترضة .

وتعد نظرية واليم موريس دايفز عن نشأة وتطور إشكال سطح الأرض ، تطبيقا لهذه الطريقة . حيث افترض إن تطور إشكال سطح الأرض مر في دورة تعرية من ثلاثة مراحل (الشباب ، النضج ، الشيخوخة) وان تطور كل مرحلة يتأثر بثلاثة متغيرات (البناء الجيولوجي ،العملية الجيومورفولوجية ، والزمن) حيث يفترض:

تصنيفا مسبقا لاشكال سطح الأرض وتطورها خلال ثلاثة مراحل ، لاختلال الزمن حكما مسبقا إن نمط التعرية يأكل مرحلة من مراحل تطور إشكال سطح الأرض

وبعبارة أخرى يفترض مسبقا أصل نشأة إشكال سطح الأرض وكيف كانت في الماضي لتصبح نقطة البداية لتتبع مراحل تطورها وتحليها خلال الدورة الجيومورفولوجية ويحدد نمط التعرية في كل مرحلة من مراحله ليستدل على نتائج الدراسة من مقدمات معروفة عن الظواهر السائدة حيث وضعت أوصاف خاصة لشكل سطح الأرض لكل مرحلة ومن ثم يصبح (الماضي مفتاح الحاضر).

2. الطريقة الاستنتاجية والاستقرائية :

تعود بدايات هذه الطريقة الى العالم جلبرت ، ثم اعتمدت في نهاية الاربعينيات وبداية الخمسينيات من القرن العشرين في كتابات كل من (هورتن ، ستريلر، شوم ،) ان هذه الطريقة لاتفترض شكلا مسبقا لسطح الأرض . ولكنها تؤكد على تفسير العمليات الجيومورفولوجية . فهي تعمد الى فرزالعوامل والعمليات الجومورفولوجيةوتصنيفها لتحديد تاثيرها في تكوين إشكال سطح الأرض ، ونمط استجابة تلك الإشكال للعمليات الجيومورفولوجية من خلال التأكيد على معرفة العمليات المسببة للتغير ونمط التغير ومعدله وأثره على تطور إشكال سطح الأرض .

وتفترض العمليات الجيومورفولوجية وتستنتج من الملاحظات الميدانية ومن ثم تصنف وترتب حسب علاقاتها بالظاهرات الجيومورفولوجية ، ثم تقاس لتفرز حسب أهميتها باستخدام التحليل الإحصائي ، للتأكد من صحة الفرضيات من عدمها إن تبني الطريقة الاستنتاجية لتحليل إشكال سطح الأرض يتضمن دراسة ثلاثة عناصر :

أ. تحديد العوامل والعمليات الجومورفولوجية بدقة لتوضح علاقتها مع تطور إشكال سطح الأرض .

ب. إبراز العلاقات في حجم وتكرار العمليات الجومورفولوجية من وقت لأخر ومن مكان الى أخر .

جـ. الدراسة الميدانية العميقة عن العلاقات بين الشكل والعملية وعمل نماذج في المختبر مع اخذ بنظر الاعتبار اختلاف ظروف المختبر عن الحقل .

3. منهج النظم:

النظام مظهر طبيعي لشكل من إشكال سطح الأرض (نظام رئيسي) له حدود واضحة يتكون من عناصر (نظم ثانوية) منفصلة عن بعضها، علاقاتها متوازنة فيما بينها ، وكل نظام ثانوي يتكون من أجزاء خاصة به ، تكون علاقتها متوازية هي الأخرى . إن النظم الثانوية وأجزائها مرتبة وفق تسلسل هرمي ، لكل منها يؤدي عملا أو وظيفة طبيعية معينة ينتج عنها شكل النظام الرئيسي في مكان ما من سطح الأرض، ويميز الباحثون بين نوعين من النظم (النظام المغلق والنظام المفتوح)

مراحل الدراسة لاشكال سطح الأرض التطبيقي :

هناك أربعة مراحل لدراسة إشكال سطح الأرض التطبيقي لأي إقليم على سطح الأرض

1-مرحلة الدراسة المكتبية الأولية : وتتضمن تحديد منطقة الدراسة ومراجعة الدراسات السابقة ودراسة الخرائط الجيولوجية والطوبوغرافية وخرائط التربة ، إعداد الصور الجوية والفضائية وتحليلها ، والمعلومات الهيدرولوجية .

2- مرحلة إعداد الخرائط الأولية عن مورفولوجية سطح الأرض والوحدات الجيومورفولوجية ، والعمليات الجيومورفولوجية ومواد سطح الأرض .

3-مرحلة الدراسة الميدانية والمختبرية : والتي تتضمن قياس العمليات الجيوموفولوجية . وتتبع البناء الجيولوجي والنشاطات البشرية

4-إعداد الخارطة الجيومورفولوجية النهائية ، وخرائط تقييم الأرض ونمط استعمالها وإعداد التقرير النهائي

مصادر المعلومات في موضوع الجيومور فولوجي التطبيقي:

اولاً- مصادر مكتبية :

وتشمل البحوث والتقارير والمؤلفات والخرائط والاحصائات 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 ومن بين اهم تلك المصادر هي الخرائط الطوبوغرافية.

- الخرائط الطبوغرافية :

صورة مرسومة بموجب مقياس رسم محدد وبوسائل مسح هندسية دقيقة تمثل ظواهر طبيعية وبشرية لجزء من سطح الأرض ، في موضع محدد من خطوط الطول ودوائر العرض .

إن الخريطة الطبوغرافية توفر قاعدة معلومات أساسية في مجال المسح والتخطيط ، وفي مجال الجيولوجيا والجيومورفولوجيا ، والتربة ، والموارد المائية ، والنبات الطبيعي اذ يستطيع قارئ الخريطة من التعرف الظواهر المرسومة من تحليل رموز المصطلحات المثبتة في مفتاح الخريطة ،وبدلالة خطوط الارتفاعات المتساوية (الكنتور) المرسومة على الخرائط الطوبوغرافية التي تمثل تضاريس وإشكال سطح الأرض (ارتفاعاتها ، انحداراتها ، مواضع الترسبات السطحية ، وقد تضاف نقاط المناسيب وخطوط الهاشور لزيادة الدقة في تمثيل سطح الأرض.

أ- خطوط الارتفاعات (خطوط الكنتور): هي خطوط تمر في النقاط المتساوية الارتفاع عن سطح البحر .

ب- نقاط المناسيب : هي نقاط تكتب على الخريطة لتبين الارتفاع الدقيق لموضع ما عن مستوى سطح البحر .

ت- خطوط الهاشور: خطوط قصيرة تستعمل لغرض تظليل وتوضيح انحدار سطح الأرض وترسم مع انحدار سطح الأرض

وتعد خطوط الكنتور ذات أهميه كبيرة في الدراسات التطبيقة إما خطوط الهاشور فإنها اقل أهمية في توضيح إشكال سطح الأرض وخاصة في الدراسات التطبيقية لأنها لا تعطي تحديدا دقيقا عن إشكال سطح الأرض وان فائدتها تقتصر في إعطاء صورة توضيحية لشكل المنحدرات الشديدة . مثل الجروف والشلالات الصغيرة التي لايمكن تمثيلها بخطوط الكنتور لعدم كفاية مقياس رسم الخريطة أو الفاصل الرأسي، اذ تعد خطوط الكنتور من أفضل الوسائل لتمثيل إشكال سطح الأرض وتحديد الفروقات التضاريسية إن الخريطة الطبوغرافية سطح مستوي يمثل إشكال سطح الأرض بثلاثة إبعاد

1. البعد الأول (المسافة بين نقطتين): ويمكن تحويله الى مسافة حقيقية على الأرض من خلال مقياس رسم الخريطة .
2. البعد الثاني (ارتفاع المكان عن مستوى سطح البحر) وتمثله نقطة المنسوب أو الخط الكنتور .
3. البعد الثالث (انحدار سطح الأرض وتضرسه) حيث يستطيع قارئ الخريطة تحديده وقياسه واستقراءه من ملاحظة شكل خطوط الكنتور وامتدادها، واستخدام بعض المعادلات الرياضية ، وتعكس إشكال سطح الأرض وسماتها العامة ، ويمكن من تحديد الشكل التقريبي لسطح الأرض عند إعداد القطاعات التضاريسية على امتداد خط القطاع بين نقطتين ، وبذلك يستفاد من الخريطة الطوبوغرافية في إعداد مسح تمهيدي لتصنيف الأرض لمنطقة معينة . وتعد المقاييس التالية من أفضل المقاييس للخرائط الطبوغرافية المستخدمة في تحليل إشكال سطح الأرض والدراسات المورفومترية

- 10000:1
- 20000:1
- 25000:1

- الدلالات الجيومورفولوجية للخريطة الطوبوغرافية :.

إن فحص وتحليل الخريطة الطوبوغرافية يمكن القارئ من تقدير أو تحديد أو قياس إشكال سطح الأرض من خلال تحديد ارتفاع المكان وقياس المسافة الأفقية بين خطوط الكنتور ومدى تقاربها أو تباعدها . المناطق التي يشتد أو يقل فيها الانحدار...؟، فيما لو كان الانحدار مقعرا أو محدبا..؟ إن الخريطة الطوبوغرافية وسيلة للدراسة المورفومترية (قياس إبعاد إشكال سطح الأرض) كونها تمثل ثلاثة إبعاد (المسافة ، الارتفاع ، الانحدار) وان قياس هذه الإبعاد الثلاثة توفر معلومات دقيقة عن إشكال سطح الأرض ويمكن إجمال بعض الدلالات المهمة في تحليل الخرائط الطبوغرافية :

1- إن جميع المواضع التي يمر بها خط الكنتور تكون متساوية في ارتفاعها عن مستوى سطح البحر.
2- إن خطوط الكنتور تفصل المواضع المرتفعة عن المواضع المنخفضة .
3- ان خطوط الكنتور تكون في امتدادها متوازية لبعضها ولا تتقاطع مع بعضها إلا عند وجود الوديان المعلقة
4- إن خطوط الكنتور تنغلق على نفسها ضمن الخريطة الواحدة أو في الخرائط المجاورة.
5- إن خط الكنتور المنغلق على نفسه ضمن حدود الخريطة وفي منطقة صغيرة من الخريطة تمثل مرتفعا ارضيا كما وتنغلق على نفسها في حالة وجود منخفضات حيث تمثل بخطوط الهاشور من الداخل أو بخطوط متقطعة نحو مركز المنخفض.
6- إن خطوط الكنتور القريبة من بعضها تمثل منحدراً ارضياً، وكلما قصرت المسافة الفاصلة بينهما كان الانحدار شديداً وقد يكون جرفاً، ويكون الانحدار معتدلا إذا كانت المسافة الفاصلة بين خطوط الكنتور طويلة.
7- يكون المنحدر الأرضي متناسقا في انحداره إذا كانت المسافة الأفقية الفاصلة بين خطوط الكنتور متساوية أو متماثلة .
8- تنثني خطوط الكنتور المتقاطعة مع الأودية النهرية والأنهار باتجاه المنبع بشكل رقم ثمانية(٨) كما إن شدة الانثناء تتناسب مع عمق الوديان وقيعان مجاري الأنهار لاحظ الشكل التالي .
9- إذا وجد زوج من خطوط الكنتور متقاربين من بعضهما والمسافة بينهما قصيرة يفصلهما عن الخطوط الواقعة الى الأعلى أو إلى الأسفل من موضعها مسافة طويلة نسبيا فهما يمثلان مصطبة اومدرجاً ارضي.
10- تستعمل نقاط المناسيب لتحديد الارتفاع الدقيق لموضع معين من سطح الأرض تمثل بعلامة (Δ) أو (x) يسجل الى جوارها ارتفاع الموقع عن سطح البحر
11- يكون ارتفاع خط ساحل البحر صفر متر مستوى سطح البحر بكونة مستوى قاعدة عام.إن امتداد خط الساحل يمثل ظاهرة جيومورفولوجية.

ثانياً. الدراسات الميدانية

تعد الدراسة الميدانية من اساليب التعليم الأساسية في الجغرافيا الحديثة، وهذا يعني ان الدراسة الميدانية في الجغرافية تمر بمراحلها الاولى بالمشاهدة الفاحصة للظاهرة الجغرافية و رسمها و المرحلة الثانية تدوين و تسجيل المعلومات و المرحلة الثالثة التحليل واستنباط النتائج، تتم هذه المراحل من خلال زياره الباحث الى منطقه الدراسة ميدانيا ثم يبدا في استطلاع المظاهر الموجودة و التعرف عليها وتحديدها والتقاط الصور الفوتوغرافية لها ثم تدوين و تسجيل المعلومات و اجراء القياسات لتوفير البيانات التي تتطلبها الدراسة، و تحقيق اهداف الدراسة الميدانية المتمثلة بما يلي:

أ. جمع الماده العلمية. اذ تكون اساس يعتمد علية الباحث في عملية التحليل ولتفسير والوصول الى نتائج علمية دقيقة.

ب. اكتساب خبرات جديده. تعطي للباحث في مجال الجيومورفولوجيا التطبيقية الافق الواسع في التحليل والمعالجة الصحيحة ووضع الحلول لجميع المشاكل التي تواجه النشاط البشري و الناتجة عن العمليات الجيومورفولوجية على سطح الارض.

جـ. تدريب الطلبة. اذ يتدرب الطلبة على خطوات واساليب الدراسة الميدانية و بطريقه مبسطه و على مسافه قريبة من المظاهر الجيومورفولوجية.

ثالثاً. بيانات 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 يأتـي:

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.

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.

المعلومات التي توفرها أجهزة الاستشعار عن بعد لعلم الجيومورفولوجيا التطبيقية:

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 البشري.

رابعاً. البرامج التقنية التطبيقية.

1. نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

تستخدم إل(GIS) في تطبيقات متنوعة ومجلات مختلفة ، ورغم اختلافها إلا أنها تجمعها صفة البعد المكاني والذي يعد العنصر الأساسي الذي منه تبدا عملية التحليل بعد توفر المعلومات على شكل خرائط أو طبقات او جداول ولغرض تحقيق نتائج حقيقية لابد إن تتوفر المعلومات الأساسية التي تتعلق بالأرض ومنها ما يأتي

أ. شبكة جيوديسية لتوفير مرجع احداثي دقيق أو إحداثيات جغرافية (خطوط الطول ودوائر العرض).

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

جـ. بيانات عن مسح الأرض والتي تكون مرجعا لاستعمالات الأرض وملكيتها ومعلومات ديموغرافية متنوعة.

وتسخدم نظم المعلومات على نطاق واسع في تحليل مظاهر سطح الأرض والتعرف على نوع التضاريس في منطقة الدراسة حيث تظم المعلومات التي توفرها برامج تلك النظم بيانات مكانية مورفو مترية (قياسية) تشمل إبعاد تلك المظاهر وطبيعة الانحدار وبيانات وصفية عن موقع وموضع الظواهر وعلاقتها بما يحيط بها كما تستخدم نظم المعلومات في متابعة التطورات التي تشهدها بعض ا لمظاهر مثل مناطق السواحل أو تحرك الكثبان الرملية أو عمليات التعرية والإرساب النهري وغير ذلك من العمليات الجيومورفولوجية التي يتعرض لها سطح الأرض حيث تمتلك نظم المعلومات قابليات وقدرات لاتمتلكها النظم والبرامجيات الاخرى مما أعطا مرونة كبيرة في إمكانية استخدامها في مجالات عدة ومن تلك القدرات تحليل نموذج التضاريس الرقمي (DIGITAL TERRAIN ANALYSYS)، استخدام (ARC GIS) في تحليل المرئيات الفضائية واستخراج شبكة الأودية وقد تطورت تقنيات النظم كثيرا وارتفع نطاق استخدامها في مجالات شتى حيث تستخدم في استخراج شبكات تصريف الاحواض النهرية والأودية من المرئيات الفضائية بسهولة وبدرجة وضوح عالية الدقة وخلال زمن قصير وخطوات بسيطة باستخدام برنامج (ARC GIS) وكذلك في رسم المقاطع التضاريسية.

2. **استخدام برنامج (Surfer)**: يستخدم هذا البرنامج في تحليل التضاريس الأرضية من خلال عمل خطوط كنتورية لمنطقة الدراسة ، كما يعمل البرنامج على إظهار التضاريس الأرضية على شكل مجسمات ثلاثية الإبعاد .

3. **استخدام برنامج (global mapper)**: وهو من برامج (RS) المهمه التي أسهمت في تطور الدراسات الجيومورفولوجية القياسية ، والذي يعتمد بدوره على قراءة نماذج الارتفاعات الرقمية من الصور الفضاية الرادارية، حيث يستخدم البرنامج في رسم المقاطع التضاريسية والنماذج ثلاثية الابعاد وقياس درجات ونسب الانحدار واتجاهات المنحدرات بالدرجات من المرئيات الفضائية وبدقة عالية .

4. استخدام برنامج (Geomedia): برنامج ذو قدرات عالية في الدراسات الحقلية من خلال قراءة محتوى الخريطة وقياس المظاهر التي فيها وتحيد إبعادها ومساحاتها.

5. برنامج (WMS)(Watershed modeling system): يقوم هذا البرنامج بالحسابات الخاصة بالاحواض المائية من خلال تحديدها بخطوط تقسيم المياه وبيان اشكالها ومن خلال ذلك يمكن دراسة كل خصائصها المساحية والشكلية والتضاريسية والشبكية المائية من خلال المرئيات الفضائية. وان النظام الهيدرولوجي هنا يعتمد على 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 الطبوغرافية 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 منطقةالدراسة وكذلك الخرائط الاشتقاقية

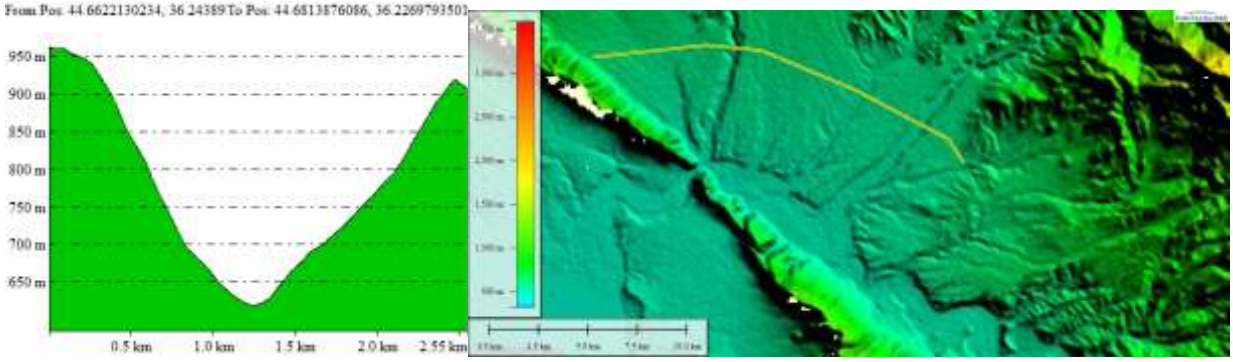
6. برنامج (Google Earth): يستعمل هذا البرنامج على شبكة الانترنت وهو من البرامج المهمة التي يمكن من خلالها الحصول على صور فضائية عالية الدقة ويمكن من خلال البرنامج إجراء القياسات المباشرة والحصول على شبكة الإحداثيات الجغرافية بالاضافة الى بعض الميزات الاضافة مثل الصور المائلة والجولات وتحديد المواقع واجراء بعض القياسات لمسارات الخطوط والمساحات.

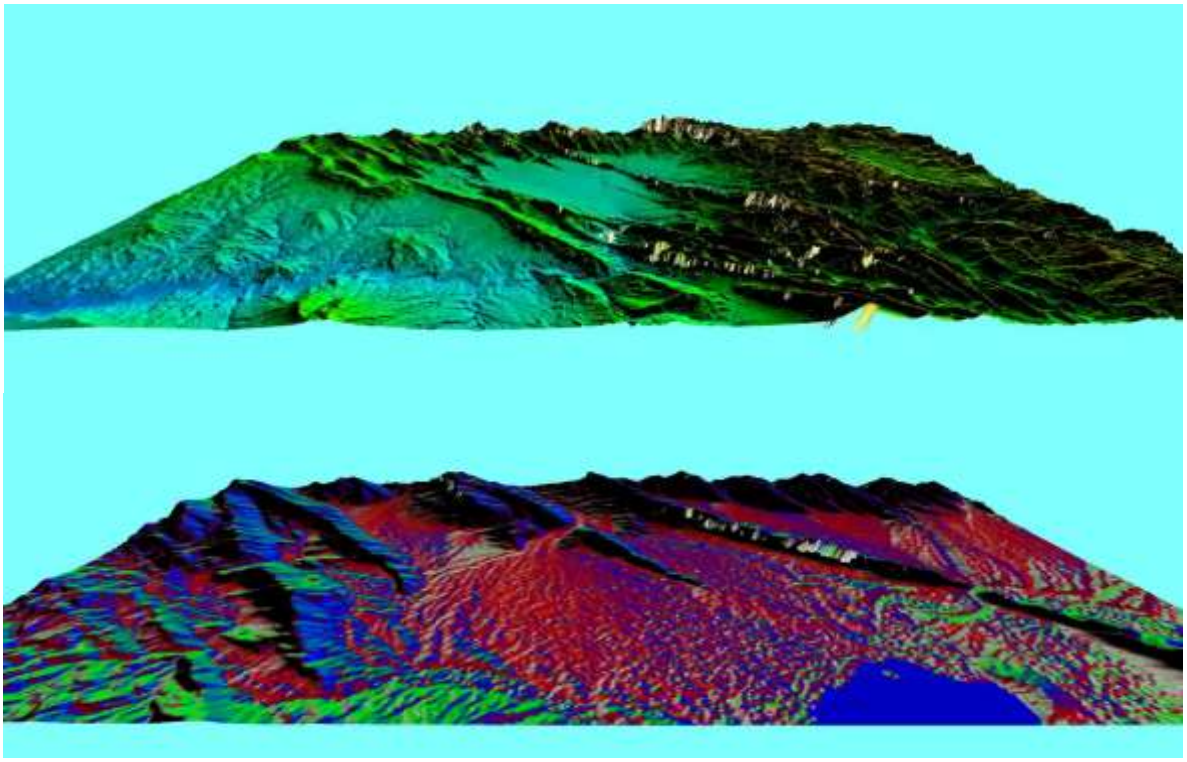
7. نظام تحديد المواقع العالمي GPS: تعد البيانات التي يتم الحصول عليها من أقمار تحديد المواقع العالمي GLOBAL POSTINING SYSTEM من مصادر المعلومات المهمة التي تعتمد عليها GIS،والتي لا تقتصر على الأغراض العسكرية والملاحية فقط بل يستفاد منها الباحثون في مجالات متعددة، ولا يحتاج ذلك الى جهود كبيرة فقط استخدام 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.

شكل رقم (2-1) مجموعة من معطيات برنامج (Global Mapper13)





صورة (1-1) معطيات (Google Earth)

دراسة المنحدرات الأرضية

تعد المنحدرات الأرضية من الجوانب المهمة في الدراسات الجيومورفولوجية، يعني الانحدار انحراف أو ميل الأرض عن المستوى الأفقي، حيث يكون الانحدار كبيرا كلما زاد الميل أو الانحراف. وتعد الانحدارات ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجغرافية عامة والجيومورفولوجية خاصة، اذ تمثل أحد عناصر مظاهر السطح التي يتم تحليلها باستخدام أساليب قياسية وتحليلية لأنها ذات علاقة وطيدة بالنشاط البشري بأشكاله المختلفة كالعمران والطرق والجسور ومشاريع الري والخزن وغير ذلك، حيث يعتمد إقامة أي مشروع على طبيعة الانحدار وشدته واستقراره والعمليات الجيومورفولوجية التي تتعرض لها تلك السفوح، وهذا ما دفع بالجيومورفولوجيين إلى دراسة السفوح من جوانب عديدة منها ما يأتي:

1- أجراء دراسات مورفومترية لقياس أبعاد المنحدرات من ارتفاع وامتداد ودرجة انحدار، ويمكن الاستعانة بخرائط كتورية ذات مقياس كبير 1/ 5000 أو 1/ 10000 بحيث تظهر عناصر المنحدر الأساسية 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 إن توفرت في التعرف على تلك التغيرات ضمن فترة زمنية معينة حسب تاريخ توفر الصور.

3- تحديد المواضع المستقرة وغير المستقرة والأسباب التي أدت إلى ثباتها كليا أو جزئيا وهل يعود إلى صلابة التكوينات أو لوجود غطاء نباتي أو لتدخل الإنسان، وكذلك الحال بالنسبة لعدم ثبات السفوح هل يعود إلى عمليات التعرية أم التجوية أو الانهيارات أو طبيعة ميل الطبقات الصخرية وتركيبها المعدني.

4- الوضع الهيدرولوجي في السفوح ومدى تأثيرها عليها سواء كانت السطحية أم الجوفية.

5- طبيعة المناخ السائد ومدى تأثير عناصره المختلفة على السفوح والتعرف على أكثر 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 إلى مقعر ومن معتدل إلى شديد.

7- تحديد المواضع التي يمكن استغلالها حسب النشاط الذي يحتاج إلى استغلال السفوح لعدم توفر إمكانات متاحة للتوسع كالزراعة والعمران والطرق وغيرها.

وفي هذا المجال سوف تتركز الدراسة على العناصر الأساسية للمنحدرات والتي تشمل أنواع الانحدارات وقياسها والمشاكل التي تتعرض لها والسبل الكفيلة لمعالجة بعضها ودراسة تطبيقية ميدانية.

❖ أنواع الانحدارات.

تصنف المنحدرات على أساسين هما:

اولاً. أنواع الانحدارات حسب درجة الانحدار:

تصنف الانحدارات حسب درجة الانحدار إلى مايأتي:

1- انحدار بسيط أو خفيف:

ويشمل المناطق ذات الميل البطيء التي تتباعد فيها الخطوط الكنتورية عن بعضها لسعة المسافة الأفقية بين خط وأخر، ويشمل الانحدارات التي تتراوح درجاتها مابين [1°--- 15°] ، إي ما بين [1% و 27%] وتعد تلك المنحدرات من أصلح السفوح للأنشطة المختلفة.

2- انحدار معتدل أو متوسط:

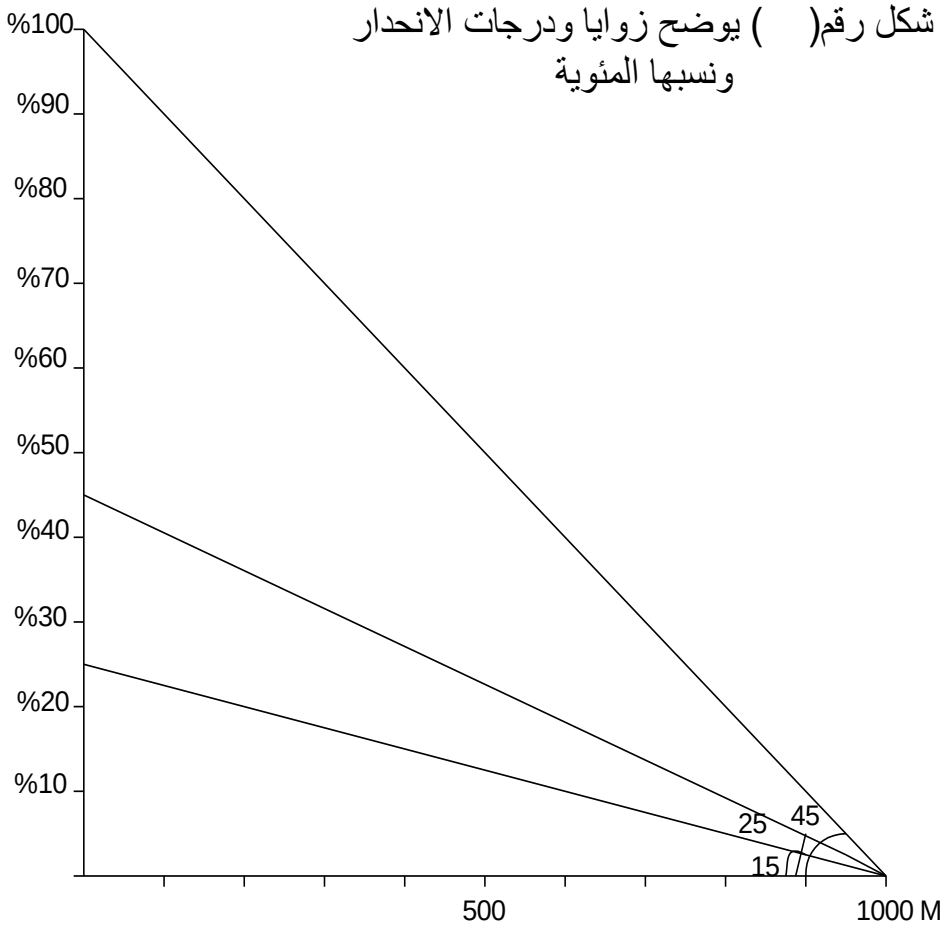
يكون هذا النوع من المنحدرات أكثر ميلا من النوع السابق، حيث تتقارب الخطوط الكنتورية من بعضها أكثر مما في النوع الأول، وتشمل الانحدارات التي تتراوح درجاتها مابين [15° ــ 25°] ، أي التي نسبها ما بين[27% و 47%] تقريبا، وتعد اقل أهمية من النوع السابق في مجال استغلالها للأغراض المختلفة.

3- انحدار شديد:

يشمل المنحدرات الشديدة الميل التي تقترب فيها الخطوط الكنتورية من بعضها جدا لصغر المسافة الأفقية بينها، وتكون درجة انحدارها ما بين[25° ــ45°] والتي نسبتها ما بين[47% و100%]، ويواجه استغلال تلك السفوح مشاكل عديدة لشدة الانحدار وعدم استقرار بعض السفوح.[1] شكل رقم(3-1) زوايا ودرجات الانحدار، والشكل رقم(4-1) الانحدارات حسب الخطوط الكنتورية.

شكل رقم(3-1)

شكل رقم( ) يوضح زوايا ودرجات الانحدار ونسبها المئوية



ثانياً. تصانيف المنحدرات.

يعد نظام المنحدرات الارضية بوصفه نظاماً بيئياً مفتوحاً Open System يتبادل المادة والطاقة مع النظم المحيطة به. وهو من اكثر الانظمة حساسية للتغيرات البيئية التي تخضع لها من ظروف بنائية وصخرية ومناخية، التي تنعكس اثارها على عناصر نظام المنحدر الارضي، اي انه اذا ما تغيرت خصائص العوامل التي تتحكم بالمنحدر فرضاً الظروف المناخية الرطبة الى شبه جافة، هذا يؤدي الى قلة الغطاء النباتي على سفوح المنحدرات الارضية، مما يؤدي الى زيادة عمليات النقل على امتداد الصخور، فضلاً عن تراكم المفتتات عند اقدامه والقادمة من اعلى المنحدر، فضلاً عن ذلك سوف تتعرض صخوره المعراة للنحت والتجوية بمعدلات اسرع مما يؤدي الى تغيير شكل المنحدر وابعاده الهندسية. فضلاً من ذلك ان هناك عملية تدعى موازنة المنحدرات (Equilibrium Slopes)، والتي اصبحت الآن اكثر قبولاً ولا سيما ان العمليات المغيرة للسفوح كالتجوية والتعرية من شأنها ان تغير في درجة انحدار الارض التي تجاورها، اذ ان تراكم المفتتات الصخرية والرواسب تشكل بمرور الزمن منحدرات تلية صغيرة تختلف في درجة انحدارها عما كانت عليه سابقاً.

يعرف الانحدار Slope، على انه تغير عمودي لسطح الارض عن المستوى الافقي عند ارتفاع وانخفاض سطح الارض، لذلك تعد المنحدرات من اشكال سطح الارض الشائعة، ولا ينحصر تواجدها على واجهة الارض المضرسة والمرتفعات بل تشمل الارض السهلية كذلك يعرف الانحدار حسب نظم المعلومات الجغرافية، على انه مقدار التغير الحاصل بالارتفاع بين خلية (في الهيئة الخلوية Raster) والخلية المجاورة لها. اذ تكون كل خلية محاطة بثماني خلايا مجاورة.

ويمكن ان نلخص بعض المصطلحات العلمية في دراسة منحدرات سطح الارض، والتي رجحتها لجنة الجيومورفولوجيا في جامعة شيفيلد وهي كما في الجدول (1) .

جدول (1) المصطلحات العلمية الخاصة بأشكال الانحدارات الارضية.

ت	مصطلح اشكال الانحدارات	وصف المستوى
.1	المنحدر. slope	سطح من الارض ينحدر عن المستوى الافقي لسطح الارض بدرجة لا تزيد عن (40°)
.2	الحافة او الجرف. scarp or a cliff	سطح من الارض راسي او شبه راسي الامتداد تزيد درجة انحداره عن المستوى الافقي لسطح الارض عن (40°)
.3	الواجهة المستوية. Facet	سطح مستوي قد يكون افقياً او مائل الامتداد، ولكنه منتظم الشكل
.4	انحدار السطح. An element	سطح من الارض قد يكون منحنياً انحناء بسيطاً جداً سواء كان مقعراً او محدباً
.5	الانحدار الحقيقي. True slope	هو اتجاه Direction ومقدار Amount او درجة Degree انحدار سطح الارض عن المستوى الافقي
.6	الانحدار الظاهري. An apparent slope	الانحدار عن مستوى الافق يختلف عن اتجاه الانحدار الحقيقي لسطح الارض
.7	التغير الواضح في الانحدار. break of slope	اي الانتقال بالمظهر الارضي من حالة الى اخرى. فعند تغير الانحدار الشديد الى انحدار بسيط جداً، تمثل منطقة الاتصال بينهما منطقة التغير الواضح في انحدار سطح الارض
.8	التغير البسيط في الانحدار. change of slope	يعني التغير والانتقال بشكل تدريجي عن مستوى الافق او الارض غير المنحدرة

المصدر: حسن سيد احمد ابو العينين، اصول الجيومورفولوجيا، الطبعة الثالثة، دار النهضة العربية، بيروت، لبنان، 1976، ص335-337.

ولإنتاج خرائط للمنحدرات الارضية، يتم الاعتماد على بيانات الارتفاعات الرقمية (DEM)، اذ يستند إلى عدة تصانيف هرمية متسلسلة تقع في عدة مستويات تصنيفية مع زيادة في التعميم عند المستويات العليا، وتستخدم هذه التصانيف في تحديد انواع التضاريس والاشكال الارضية على مستوى الارضي، وان اعداد خريطة المنحدرات تساعد في توضيح وابراز المتغير الجيومورفولوجي، وتحديد ملامح نوع وشدة العملية الجيومورفولوجية، فمن خلالها يمكن تقييم تطور حركة المنحدرات وما تسببه من تغيرات مهمة على سطح الارض، تنعكس على الغلاف الصخري والحياتي وما يتعلق بالجوانب التطبيقية في حياة الانسان، اذ تسود في منطقة الدراسة انظمة معقدة من المنحدرات المحدبة والمقعرة وبامتدادات متباينة بين الطويلة والمتوسطة والقصيرة، اذ تختلف اطوالها باختلاف القوى المؤثرة في نشأتها فضلاً عن تأثرها بالعوامل والعمليات الجيومورفولوجية ضمن منطقة المراد دراستها، والحافات المعقدة التركيب، بسبب التكوين الصخري والمتمثل بتعاقب صخور صلبة ولينة فضلاً عن كونها شديدة التأثر بالحركات التكتونية.

لغرض بيان الشكل التضاريسي وتحديد الصفات الانحدارية السائدة في المنطقة، لابد ان يعتمد الباحث على عدة تصانيف لغرض الخروج بأفضل نتائج، لتمثل منحدرات سطح الارض ضمن المنطقة المختارة من خلال المقارنة والتطابق بين هذه التصانيف التي سيتم التطرق عنها بشكل توضيحي ومختصر وهي كما يأتي:

ولإنتاج خرائط للمنحدرات الارضية، تم الاعتماد على بيانات الارتفاعات الرقمية (DEM)، لقضاء شقلاوة، اذ استند إلى عدة تصانيف هرمية متسلسلة تقع في عدة مستويات تصنيفية مع زيادة في التعميم عند المستويات العليا، وتستخدم هذه التصانيف في تحديد انواع التضاريس والاشكال الارضية على مستوى الارضي، وان اعداد خريطة المنحدرات تساعد في توضيح وابراز المتغير الجيومورفولوجي، وتحديد ملامح نوع وشدة العملية الجيومورفولوجية، فمن خلالها يمكن تقييم تطور حركة المنحدرات وما تسببه من تغيرات مهمة على سطح الارض، تنعكس على الغلاف الصخري والحياتي وما يتعلق بالجوانب التطبيقية في حياة الانسان، اذ تسود في منطقة الدراسة انظمة معقدة من المنحدرات المحدبة والمقعرة وبامتدادات متباينة بين الطويلة والمتوسطة والقصيرة، اذ تختلف اطوالها باختلاف القوى المؤثرة في نشأتها فضلا عن تأثرها بالعوامل والعمليات الجيومورفولوجية ضمن منطقة الدراسة، والحافات المعقدة التركيب، بسبب التكوين الصخري والمتمثل بتعاقب صخور صلبة ولينة فضلاً عن كونها شديدة التأثر بالحركات التكتونية.

لغرض بيان الشكل التضاريسي وتحديد الصفات الانحدارية السائدة في المنطقة، اعتمد الباحث على عدة تصانيف لغرض الخروج بأفضل نتائج، لتمثل منحدرات سطح الارض ضمن منطقة الدراسة من خلال المقارنة والتطابق بين هذه التصانيف التي سيتم التطرق عنها بشكل توضيحي ومختصر وهي كما يأتي:

1. تصنيف ديمك Demek:

ظهر هذا التصنيف عام 1972م. من قبل العالم ديمك Demek، ويتصف بالتسلسل، اذ يحتوي على ستة مستويات تصنيفية للمنحدرات سطح الارض، ولكنه يتصف بدرجة عالية من التعميم في نهايته، اذ يمكن ان يستخدم هذا النوع من التصانيف في مناطق ذات المنحدرات الكبيرة.

جدول (2) اشكال تضرس الارض وزوايا الانحدار حسب تصنيف ديمك Demek

ت	شكل التضرس	زاوية الانحدار بالدرجات	المساحة/كم^2	النسبة المئوية ٪
.1	ارض مستوية	2-0	231	13.0
.2	ارض سهلية	5-2	395	22.2
.3	ارض متموجة	15-5	481	27.1
.4	تلال منخفضة	35-15	363	20.4
.5	تلال مرتفعة	55-35	245	13.8
.6	جبال عالية جداً	+55	63	3.5
المجموع			1778	100

المصدر: د. امير محمد الدليمي بالاعتماد على. فلاح شاكر اسود، الخرائط الموضوعية، جامعة بغداد، العراق، 1991، ص92.

2. تصنيف يونك Young:

اوجده العالم يونك Young، عام 1975، اذ يحتوي على سبعة مستويات تصنيفية متقاربة في بدايتها وتزداد درجة التعميم بزيادة زاوية المنحدر الارضي، ومن الامور التي يمتاز بها هذا التصنيف انه متسلسل ومتصل.

جدول (3) اشكال تضرس الارض وزوايا الانحدار حسب تصنيف يونك Young.

ت	شكل التضرس	زاوية الانحدار بالدرجات	المساحة/كم^2	النسبة المئوية ٪
.1	ارض مستوية	2-0	231	13.0
.2	ارض بسيطة الانحدار	5-2	395	22.2
.3	اراض خفيفة الانحدار	10-5	440	24.7
.4	اراض معتدلة الانحدار	18-10	391	22.0
.5	اراض شديدة الانحدار	30-18	306	17.2
.6	اراض شديدة الانحدار جداً	45-30	14	0.8
.7	اراض جرفية	+45	1	0.1
المجموع			1778	100

المصدر: د.امير محمد الدليمي بالاعتماد على. تغلب جرجيس داود، علم اشكال سطح الارض التطبيقي، (الجيومورفولوجيا التطبيقية)، الدار الجامعية للطباعة والنشر، جامعة البصرة، العراق، 2002، ص 123-124.

3. تصنيف زيدام Zuidam:

وفي عامي 1978، 1979، استطاع العالم زيدام Zuidam، ان يخرج بتصنيف جديد، يتصف بكونه تصنيف غير متصل، وتعد هذه الصفة من الصفات السلبية التي سجلت عليه، اذ يحتوي على سبعة مستويات تصنيفية تمتاز بزيادة التعميم في نهاياتها، وبذلك تصل الى زوايا انحدارية كبيرة، مما لا يجعل هذا التصنيف يمثل منطقة الدراسة بدقة عالية، وعدم اعطاء نتائج دقيقة.

جدول (4) اشكال تضرس الارض وزوايا الانحدار حسب تصنيف زيدم Zuidam

ت	شكل التضرس	الانحدار ٪	زاوية الانحدار بالدرجات	المساحة/كم^2	النسبة المئوية ٪
.1	ارض مستوية	2-0	1.14-0	251	14.1
.2	ارض قليلة الميل	7-3	4.0-1.72	342	19.2
.3	ارض مائلة	13-8	7.41-4.57	391	22.0
.4	ارض متوسطة الميل	20-14	11.30-7.97	316	17.8
.5	ارض منحدرة	55-21	28.8-11.85	348	19.6
.6	ارض شديدة الانحدار	140-56	54.46-29.2	128	7.2
.7	ارض شديدة الانحدار جداً	+140	+54.46	2	0.1
المجموع				1778	100

المصدر: د.امير محمد الدليمي بالاعتماد على.

Zuidam, R.A; Zuidam – Cancelado, (1979) Terrain analysis and Classification using aerial photographs, ITC Textbook of photo-in terpretation, Vo1, VII-6,ITC, Holland, p,12.

4. تصنيف زنك Zink:

اعده العالم زنك Zink، عام (1988 – 1989)، وهو تصنيف جيومورفولوجي هرمي متسلسل، يتكون من خمسة مستويات تصنيفية للمنحدرات الارضية. ويتدرج بمستويات انحداريه متقاربة ثم يبدأ التعميم بزيادة زاوية الانحدار مع زيادة مستوى التصنيف، ومن مميزات هذا التصنيف انه يعطى صورة اكثر وضوحاً عن المنحدرات الارضية.

جدول (5) اشكال تضرس الارض وزوايا الانحدار حسب تصنيف زنك Zink.

ت	شكل التضرس	زاوية الانحدار بالدرجات	المساحة/كم^2	النسبة المئوية ٪
.1	مسطح - مستو	1.9-0	229	12.9
.2	تموج خفيف	7.9-2	686	38.6
.3	متموج	15.9-8	561	31.6
.4	مقطعة - مجزأة	29.9-16	266	15.0
.5	مقطعة بدرجة عالية	+30	36	2.0
المجموع			1778	100

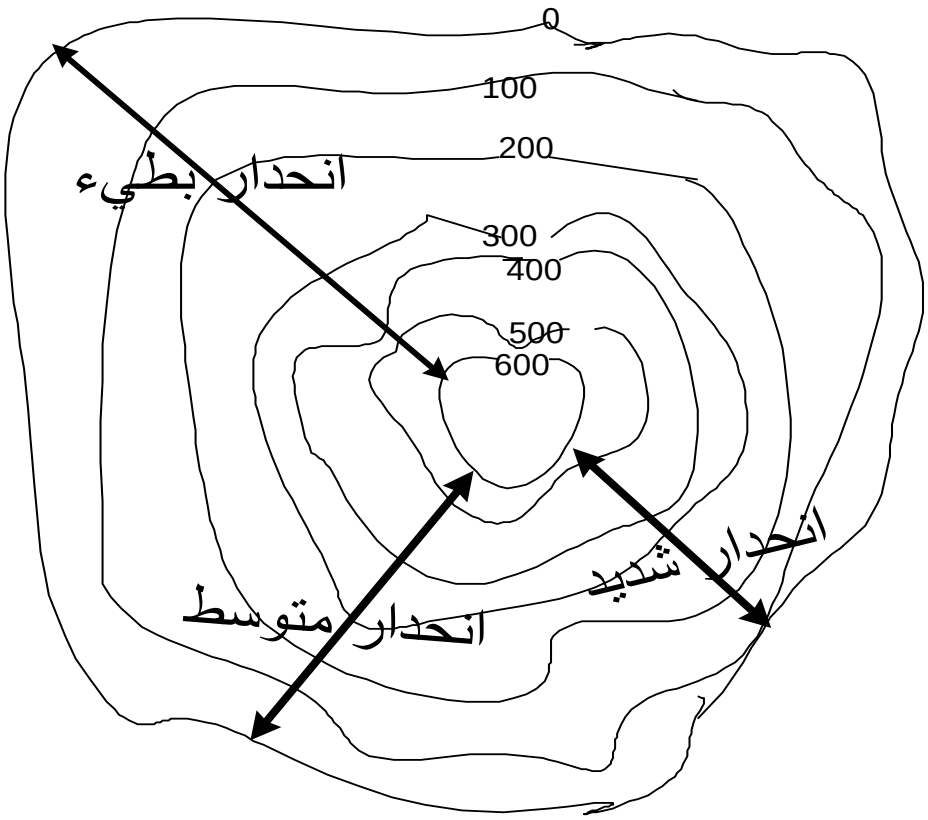
المصدر: د. امير محمد الدليمي بالاعتماد على.

Stan Marin Ed 1999, GIS Solution in Natural Resource Management, Tenewable Natural Resources Foundation and National Academy of Sciences – National Research Council, Washington, 1999, p88.

5. تصنيف تفصيلي Detailed Classification: breakdown

يعتمد الباحث عمل تصنيف تفصيلي، ومن خلال هذا التصنيف يتم تقسيم منطقة الدراسة الى (30○ انحداريه)، وهو تصنيف يكون متسلسلاً ومتصلاً، يكون في كل مستوى من هذه المستويات درجة انحداريه واحدة حتى نصل الى (30○ انحداريه)، الذي من خلاله يمكن تمثيل المنحدرات الارضية بصورة تفصيلية.

شكل رقم(4- 1) الانحدارات حسب توزيع الخطوط الكنتورية



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

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

نوع الانحدار	درجة الانحدار بالدرجات
جرف *Cliff*	أكثر من 45
حاد جدا *Very steep*	40-30
حاد *Steep*	30-18
حاد معتدل *Moderately Steep*	10-5
معتدل *Moderately*	5-2
مستوي *Horizontal*	اقل من 2

Process and Land form, conceptual frameworks in Geography, p38

ثانياً. أنواع الانحدارات حسب الشكل:

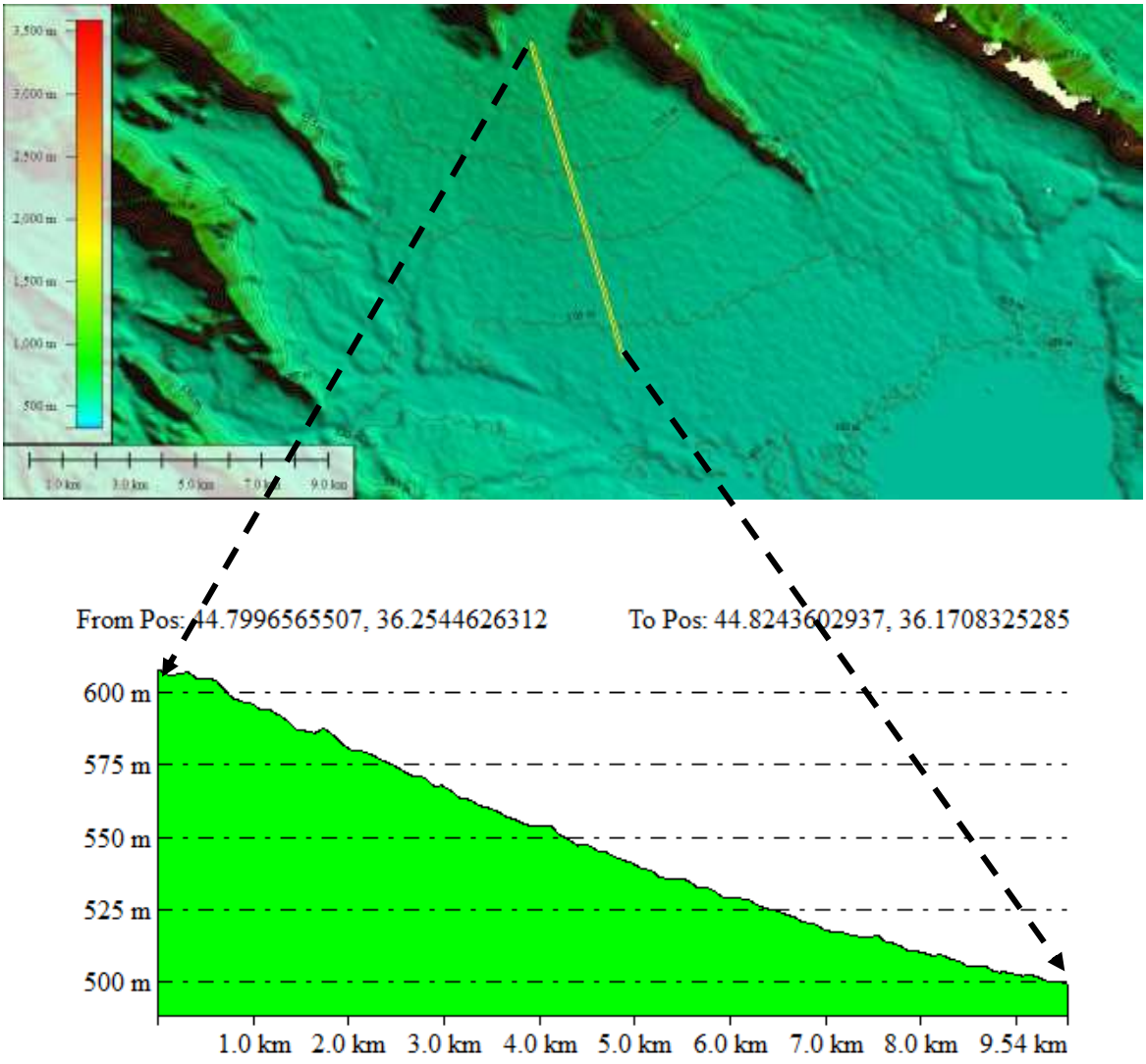
تتخذ الانحدارات أشكال مختلفة حسب العوامل التي أسهمت في تكوينها والعمليات التي تعرضت لها بعد التكوين، ومنها ما يأتي:

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(5– 1).

وقد يكون المرتفع منتظم الانحدار على امتداد مقطعه العرضي أي على الجهة الأخرى منه فيظهر السفح منتظم أيضا، شكل رقم(5–1).

شكل رقم(5–1) الانحدار المنتظم.

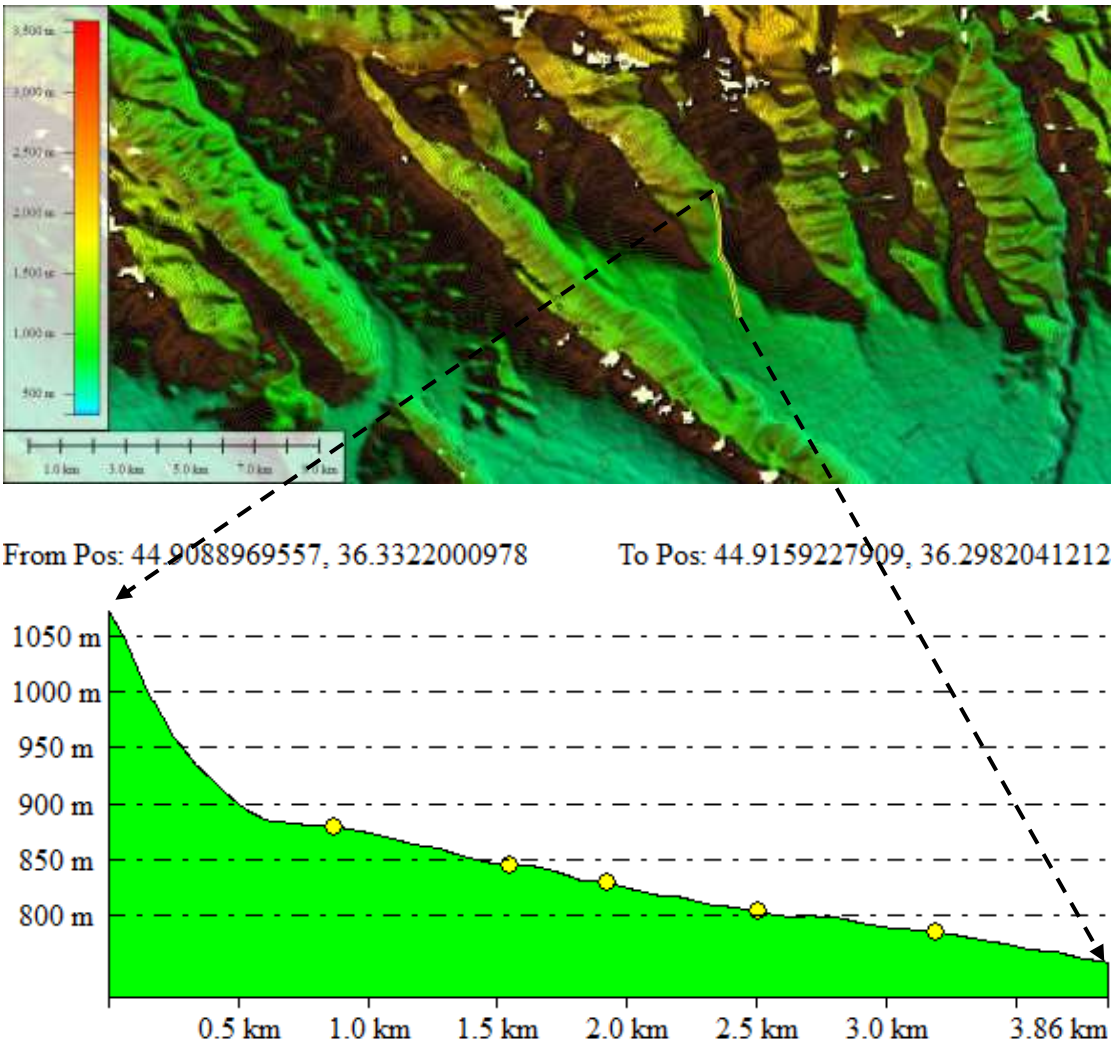


2- **الانحدارات المقعرة**:

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 وأسفل السفح وبشكل متدرج، شكل رقم(6-1).

وتظهر المرتفعات التي تكون مقعرة السفوح من جهتين متقابلتين مخروطية الشكل، وخاصة المرتفعات التي تتعرض للتعرية الجليدية.

شكل رقم(6-1) الانحدار المقعر.



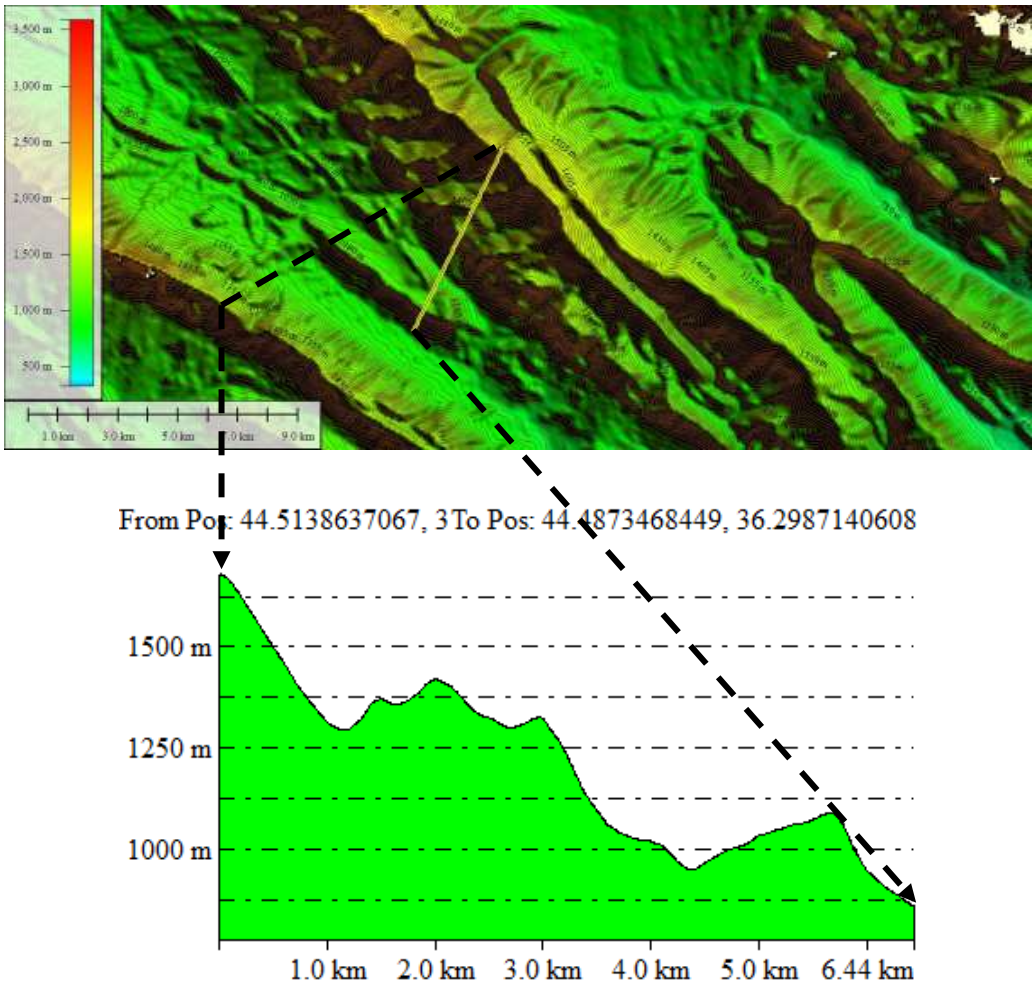
3. الانحدارات المحدبة:

يكون الانحدار بطيئ في قمتها وتزداد شدة في الجزء الواقع تحت القمة لذا تظهر الخطوط الكنتورية متباعدة في القمة ومتقاربة بشكل تدريجي بالاتجاه نحو أسفل المنحدر وبدرجة كبيرة عند أسفل السفح، وقد يظهر المرتفع ذات الانحدارات المحدبة في مقطعه العرضي على شكل قبة لتشابه نوع الانحدار على جهتي المنحدر.

4. الانحدارات غير المنتظمة:

تتخذ بعض الانحدارات شكلاً غير منتظم في مقطعه الطولي، اذ يتضمن مقاطع محدبة وأخرى مقعرة وأخرى مستوية، ويظهر البعض منها على شكل سلمي أي تتكون من عدة مستويات متباينة الارتفاع، وعليه تظهر الخطوط الكنتورية في الخرائط التي تمثل تلك السفوح بشكل غير منتظم اذ تتقارب في مواقع وتتباعد في أخرى معبرة عن طبيعة تلك السفوح، ينظر شكل رقم (7-1).

شكل رقم(7-1) الانحدار غير المنتظم.



5. الانحدارات الجرفية:

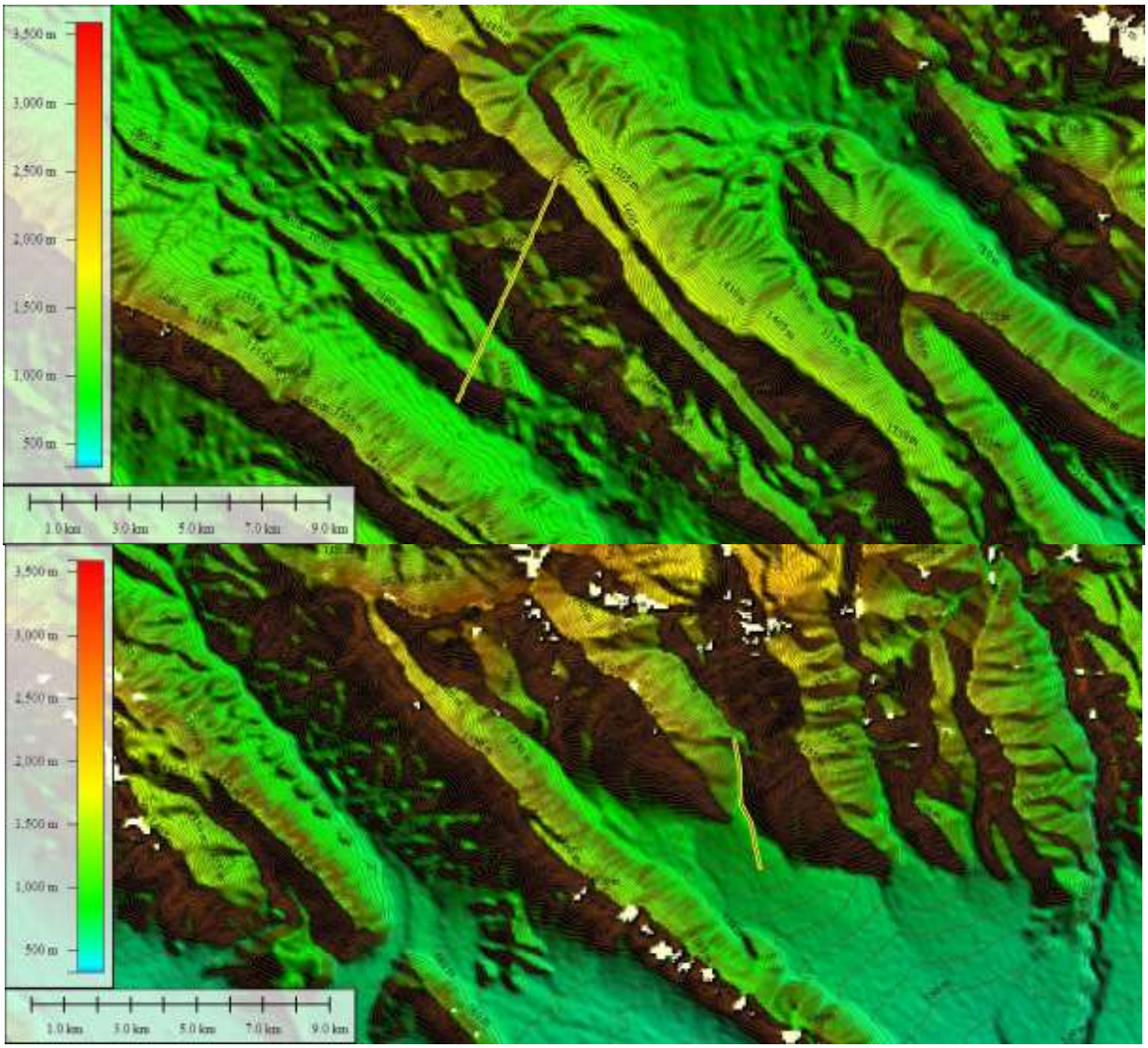
تشهد السفوح تطورات مختلفة تؤدي إلى تغيير شكلها من وقت لأخر حسب شدة تأثير العوامل المؤثرة، وقد يتحول البعض منها إلى سفوح جرفيه ويصل درجة بعضا إلى 90° ، ويكون بعضها ذات سفوح منتظمة وأخرى غير منتظمة، وتظهر تلك السفوح عند سواحل البحار والجبال التي تتعرض إلى عمليات تعرية وتجوية على نطاق واسع، أو نتيجة النشاط البشري لغرض تنفيذ مشروع ما يحتاج إلى قطع سفوح المرتفعات التي تعترض تنفيذه، ينظر صورة رقم (2-1).

صورة رقم (2-1) منحدر جرفي.

6. الانحدارات المتضرسة

تتخذ بعض أنواع السفوح شكلا متضرسا يختلف عن الأنواع السابقة، إذ تكون شديدة التضرس أو الوعورة بتأثير المجاري المائية وطبيعة مكوناتها، حيث تعمل تلك المجاري على تقطيع بعض السفوح وتمزيقها إلى كتل صغيرة بعضها يشبه الميسا والبعض الآخر يشبه التلال المنفردة والسلسلة المتعددة القمم، وتكون صغيرة المساحة ومنخفضة الارتفاع وتفصل بينها المجاري المائية بمختلف مراتبها الرئيسية والثانوية،شكل رقم (8-1)، كما يسود نوع أخر في بعض السفوح التي تقطعها مجاري مائية قليلة الروافد بشكل طولي من الأعلى إلى الأسفل فتحولها إلى كتل طولية صغيرة المساحة وذات جوانب شديدة الانحدار نحو المجاري ومتوازية الامتداد من أعلى السفوح إلى أسفلها، وقد يعترض استغلال تلك السفوح مشاكل كثيرة لعدم استقرارها وتعرضها إلى عمليات مختلفة وعدم توفر مساحات واسعة غير متضرسة لاستغلالها في أي نشاط اقتصادي أو عمراني.

شكل رقم(8-1) انحدارات متضرسة.



❖ قياس الانحدارات:

إن قياس العناصر المختلفة للانحدارات يحتاج إلى قياس كل من الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية وفيما يلي توضيح لكل منهما:

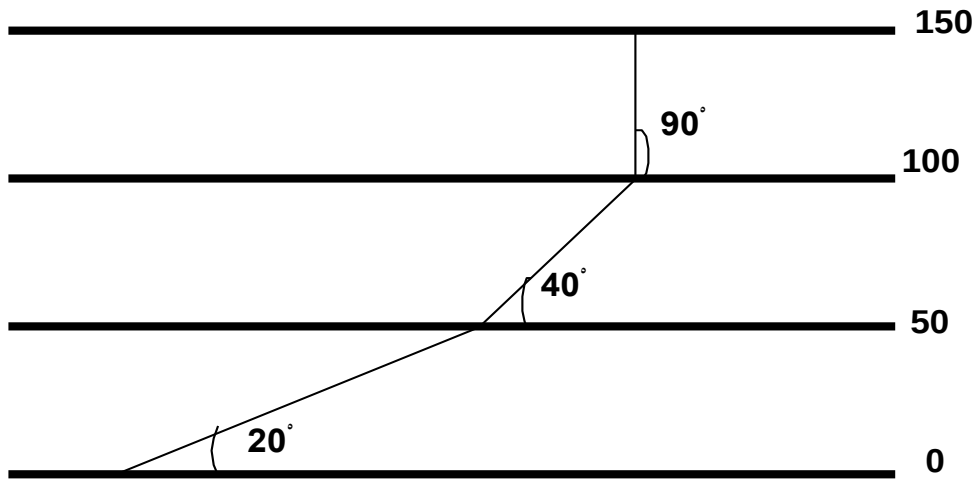
أ- الفاصل الرأسي:

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

ب- المسافة الأفقية:

وهي المسافة التي تفصل بين نقطة وأخرى على الأرض وخط وأخر على الخريطة الكنتورية وتظهر بشكل أفقي على الخريطة بينما في الحقيقة تكون مائلة أو منحدرة على الطبيعة، وتتباين المسافة الأفقية من مكان لأخر حسب شدة الانحدار إذ 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(9-1)، وقياس كل من الفاصل الرأسي أو المسافة الرأسية والمسافة الأفقية يتم بصورة مباشرة وغير مباشرة.

شكل رقم (9-1) تغير الزوايا حسب تغير المسافة الأفقية.



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:

إن قياس تلك السفوح عملية بسيطة ولا تحتاج إلى جهد كبير وذلك باستخدام المعدات والأجهزة المتاحة التي تستخدم في قياس المساحات ومن ابسطها الجنزير والشريط المعدني أو القماش أو أجهزة المساحة الآلية والإلكترونية الحديثة.

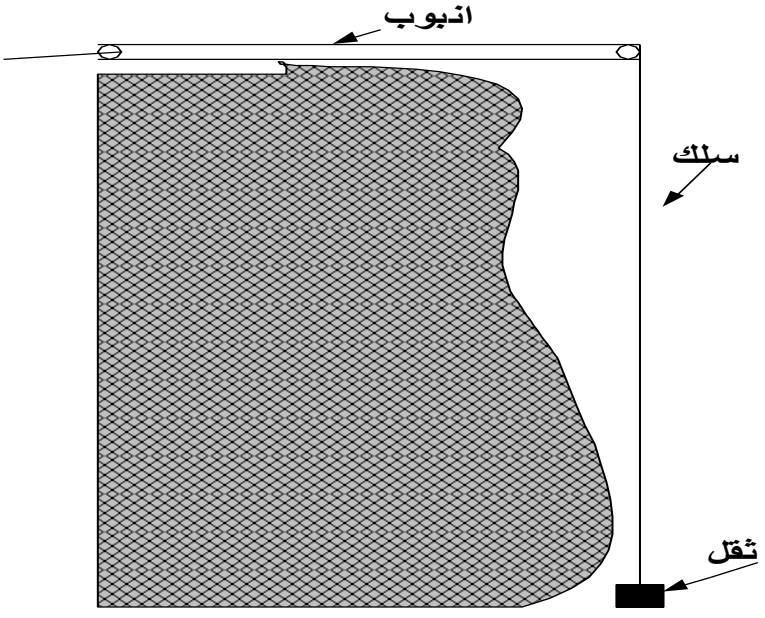
ب- قياس الانحدارات غير المنتظمة.

يحتاج قياس السفوح غير المنتظمة إلى جهد اكبر مما في المنتظمة وذلك لعدم تجانسها بسبب ارتفاع أجزاء وانخفاض أو 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 إلى نهايته لذا يجب معالجة ذلك من خلال استخدام بعض الأساليب المناسبة لكل نوع من تلك المعوقات ومنها ما يأتي:

1-ب. 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 أو السلك ارتفاع المنحدر، وفي حالة وجود تحدب بسيط في وسط المنحدر أو أسفله يمكن استخدام أنبوب طويل وخفيف الوزن ويمرر الحبل فيه ويدفع الأنبوب إلى الإمام حتى يكون بمستوى منطقة التحدب بحيث يأخذ الحبل وضعا مستقيما حتى أسفل المنحدر، شكل رقم (10-1).

شكل رقم(10-1) قياس انحدار شديد.

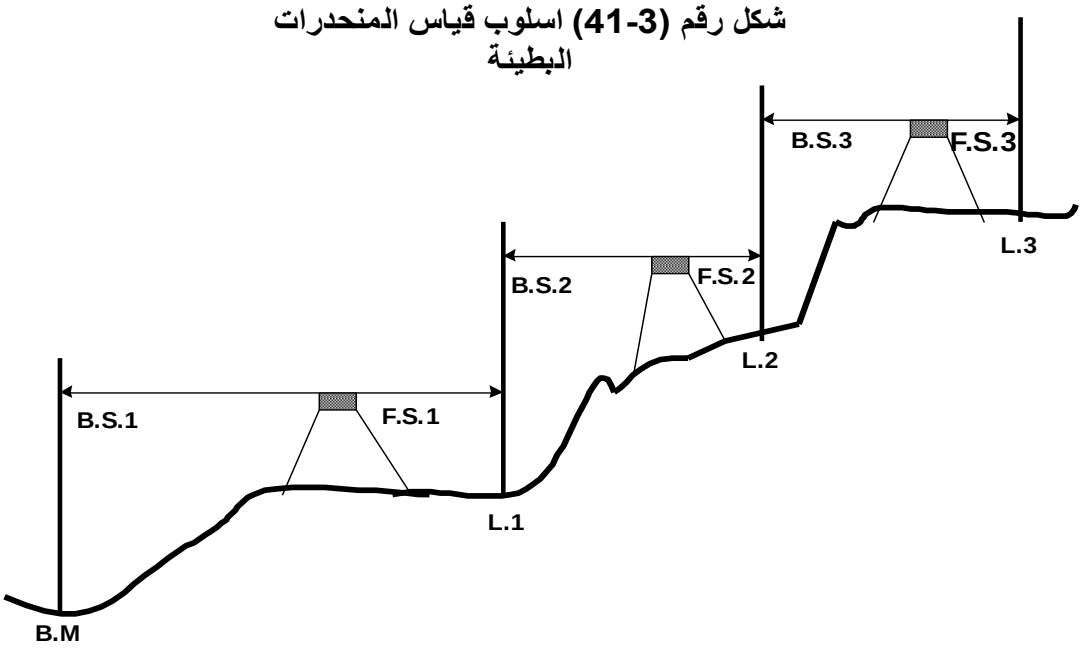


2–ب. قياس الفاصل الرأسي في المنحدرات البطيئة:

إن قياس الفاصل الرأسي في السفوح البطيئة الانحدار يحتاج إلى جهد أكثر 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 المايكروميتر 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 (11–1) حيث تتم قراءة منسوبين أمامي F.s وخلفي B.s وتطرح الأمامية من الخلفية لأنها تمثل ارتفاع الجهاز ومن ثم يضاف الناتج إلى قيمة النقطة التي بدأ منها القياس والمتمثلة بالنقطة B.M والتي قد تكون قيمتها صفر إذا كانت من بداية السفح، وفي الشكل (3–14) 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 بينL.2 وL.3، وبعد ألانتها من عملية القياس تجمع القراءات الأمامية وتطرح من مجموع القراءات الخلفية ويضاف الناتج إلى 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 8م والتي تضاف إلى قيمة B.M (40+ 8= 48) م ارتفاع النقطة L.3.

الشكل رقم(11–1) قياس الفاصل الرأسي في المنحدرات البطيئة.

شكل رقم (3-41) اسلوب قياس المنحدرات البطيئة

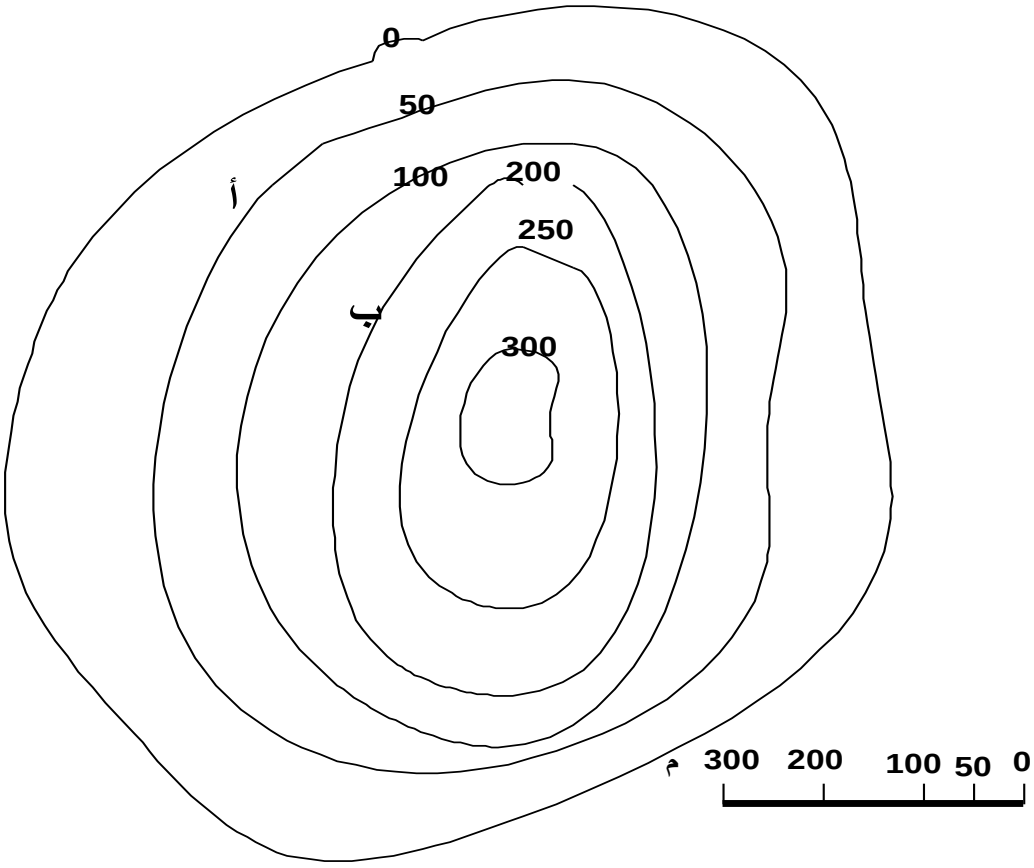


ثانيا. طريقة القياس غير المباشرة:

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(12-1) 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.

إما المسافة الأفقية بين نقطة وأخرى فيعتمد على مقياس رسم الخريطة الكنتورية الذي يوضح العلاقة بين المسافة على الخريطة والمسافة على الأرض،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(12- 1) 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- 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 تل كما محدد في الشكل رقم(12- 1) حيث كان الفاصل الرأسي 250م والمسافة الأفقية 3000م فيكون المعدل.

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

ملاحظة: إن ما يجب الانتباه له إن معدل الانحدار يكون بسط ومقام.

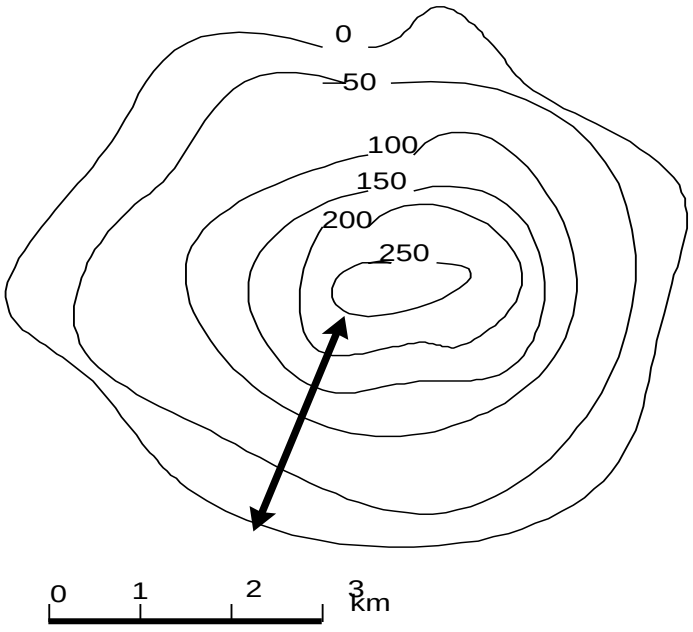
2- نسبة الانحدار:

يطبق القانون السابق ويضرب x 100 أي أيجاد قيم كل من البسط الفاصل الرأسي والمقام المسافة الأفقية ويضرب x 100 يمكن التعرف على عدة خصائص للمنحدرات منها ما يأتي:

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

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

شكل رقم(13- 1) موقع منحدر على الخريطة الكنتورية.



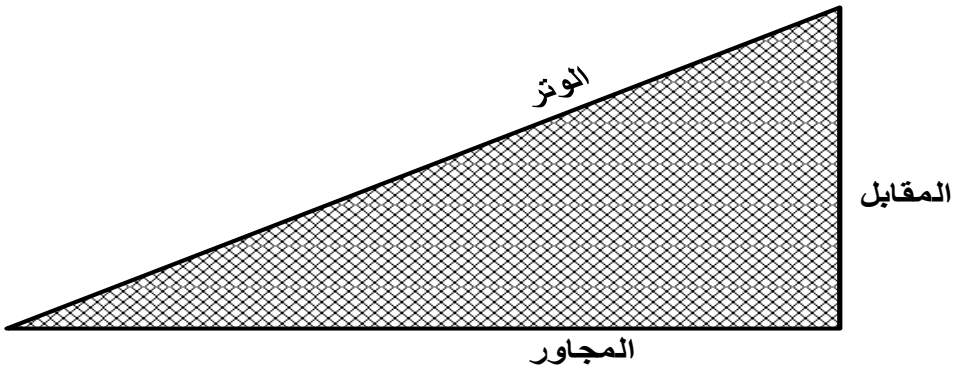
3- **درجة الانحدار**:

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 يعني المسافة الأفقية، حيث يكون الشكل الناتج عن تلك العلاقة مثلث يتضمن وتر الانحدار والذي يعبر عن مقدار انحداره شكليا أيضا، شكل رقم(14- 1).

شكل رقم(14-1) 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=** $\frac{\text{الفاصل الرأسي X 60}}{\text{المسافة الأفقية}}$

ملاحظة: إن الرقم 60 مقدار ثابت في القانون ويتم تقريبه من من الرقم الاصلي 57,3 في المعادلة، لتسهيل العمليات الحسابية وقلة التغير في النتيجة.

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

جـ- استخدام أجهزة القياس:

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

1- الكلانوميتر Clinometers .

يعد 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 إلى نصفين كل منهما 90 درجة ويتحرك فوقه مؤشر يتحرك مع حركة المنظار إلى الأعلى والأسفل حتى تستقر الفقاعة على الشاخص الذي يثبت فوق النقطة التي يراد قياس درجة الانحدار نحوها، شكل رقم(15- 1).

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 (15- 1ب).

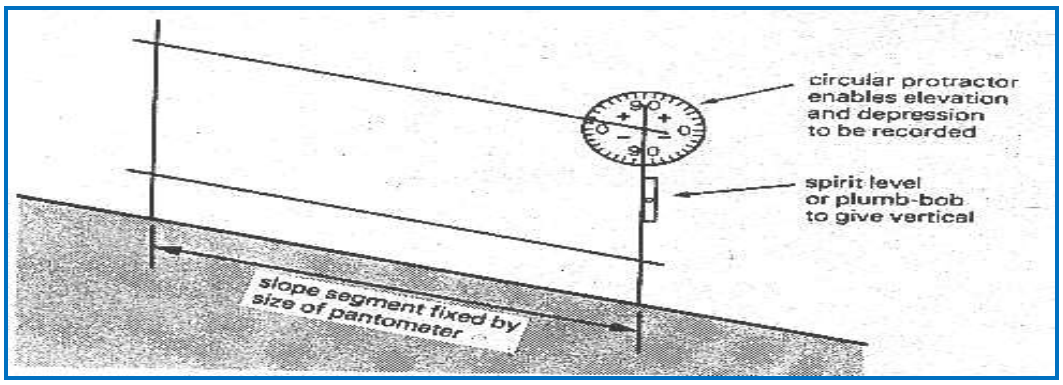
شكل رقم(15- 1) أجهزة الكلانوميتر

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 إلى 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(16- 1).

شكل رقم (16-1) جهاز البانتوميتر



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

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

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

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

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

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(17-1أ) 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:

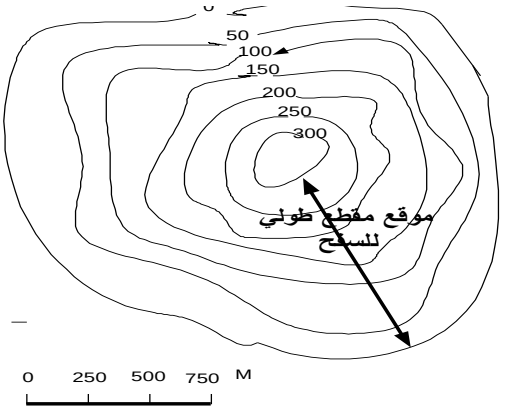
أ- رسم خط أفقي يمثل الارتفاع ويتم ترقيمه بشكل متدرج من الأسفل إلى الأعلى حسب تدرج أرقام الخطوط الكنتورية.

ب- رسم خط أفقي يمثل المسافة الأفقية للمنحدر وبشكل متدرج أيضا من الأصغر إلى الأكبر.

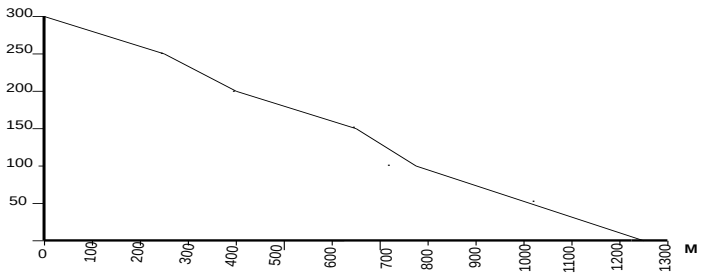
ج- معرفة المسافة الأفقية بين خط كنتوروأخر لتثبيتها مقابل الرقم الذي يمثلها ارتفاعا.

د - بعد تثبيت المسافات بين خط وأخر بنقاط والتي تبدأ بالعكس من الأعلى نحو الأسفل يتم توصيل تلك النقاط يبعضها فيظهر خط منحدر يعبر عن طبيعة السفح في ذلك الموضع ، وكما في الشكل رقم(17- 1ب).

شكل رقم (17-1أ) خريطة كنتورية لمرتفع.



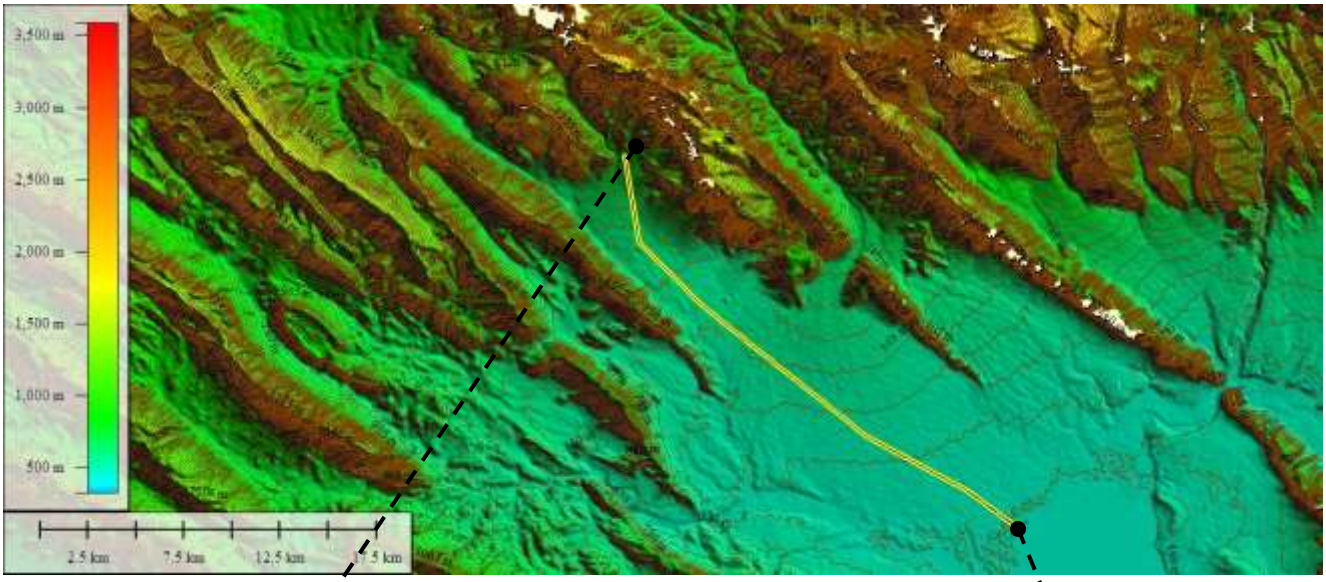
شكل رقم (17-1ب) مقطع طولي للسفح المؤشر على الخريطة الكنتورية.

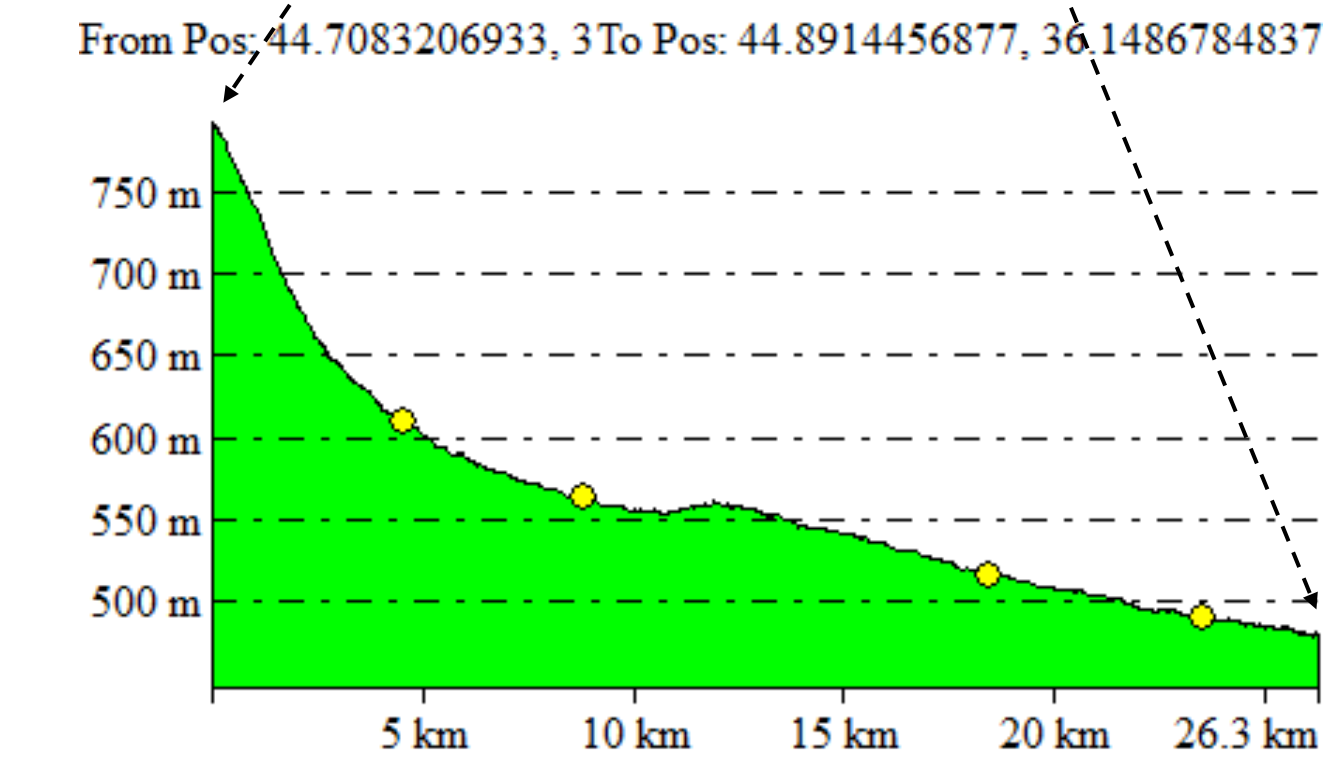


2- رسم المقاطع التضاريسية من خلال البرامج الحديثة:

هناك برامج حديثة تقوم برسم المقاطع التضاريسية بدقة متناهية، اعتمادا على المرئيات الفضائية (DEM) والرادارية نماذج الاتفاعات الرقمية مثل برنامج (Surfar) وبرنامج (Global Mapper) وبرامج اخرى متخصصة بدراسة سطح الارض

شكل رقم (18-1)رسم المقاطع التضاريسية باستخدام البرامج الحديثة (Gobal Mapper13))





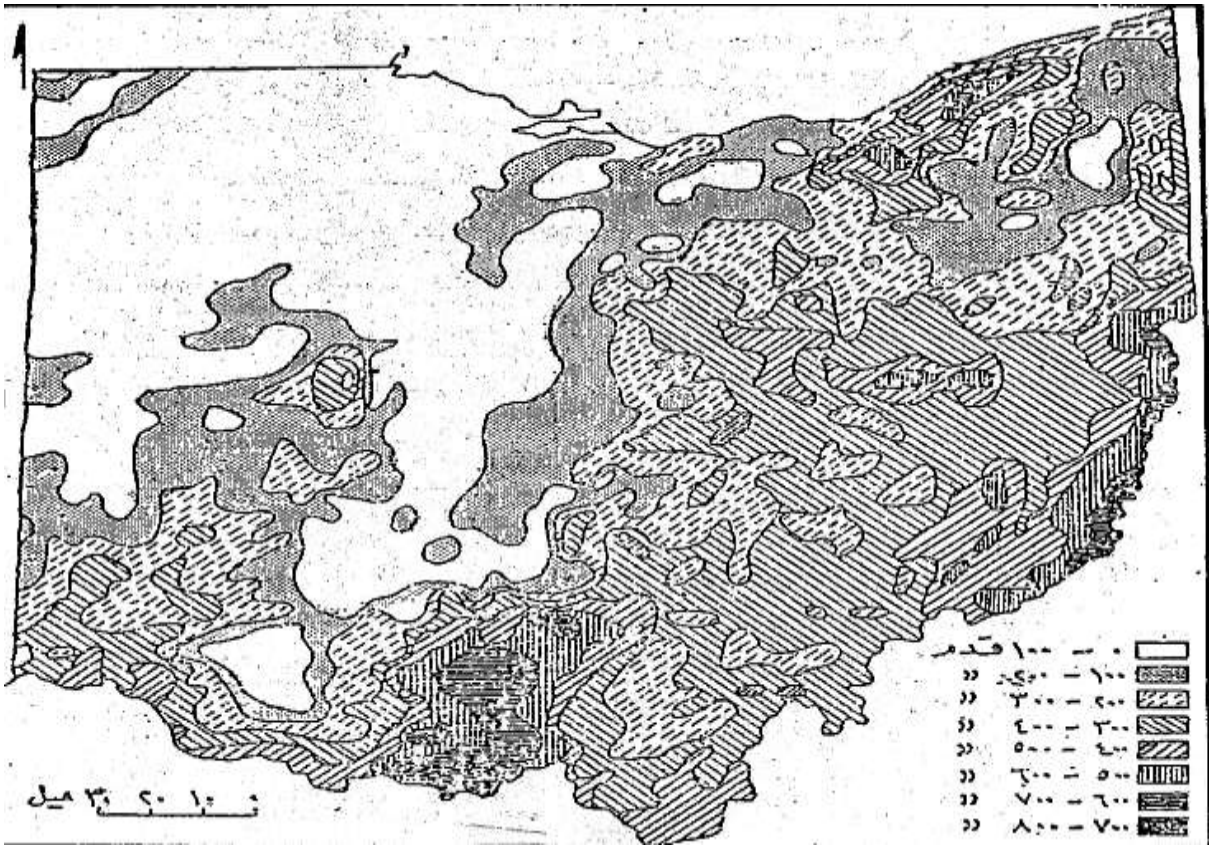
3- تمثيل الانحدارات كميا ونوعيا:

إن 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:

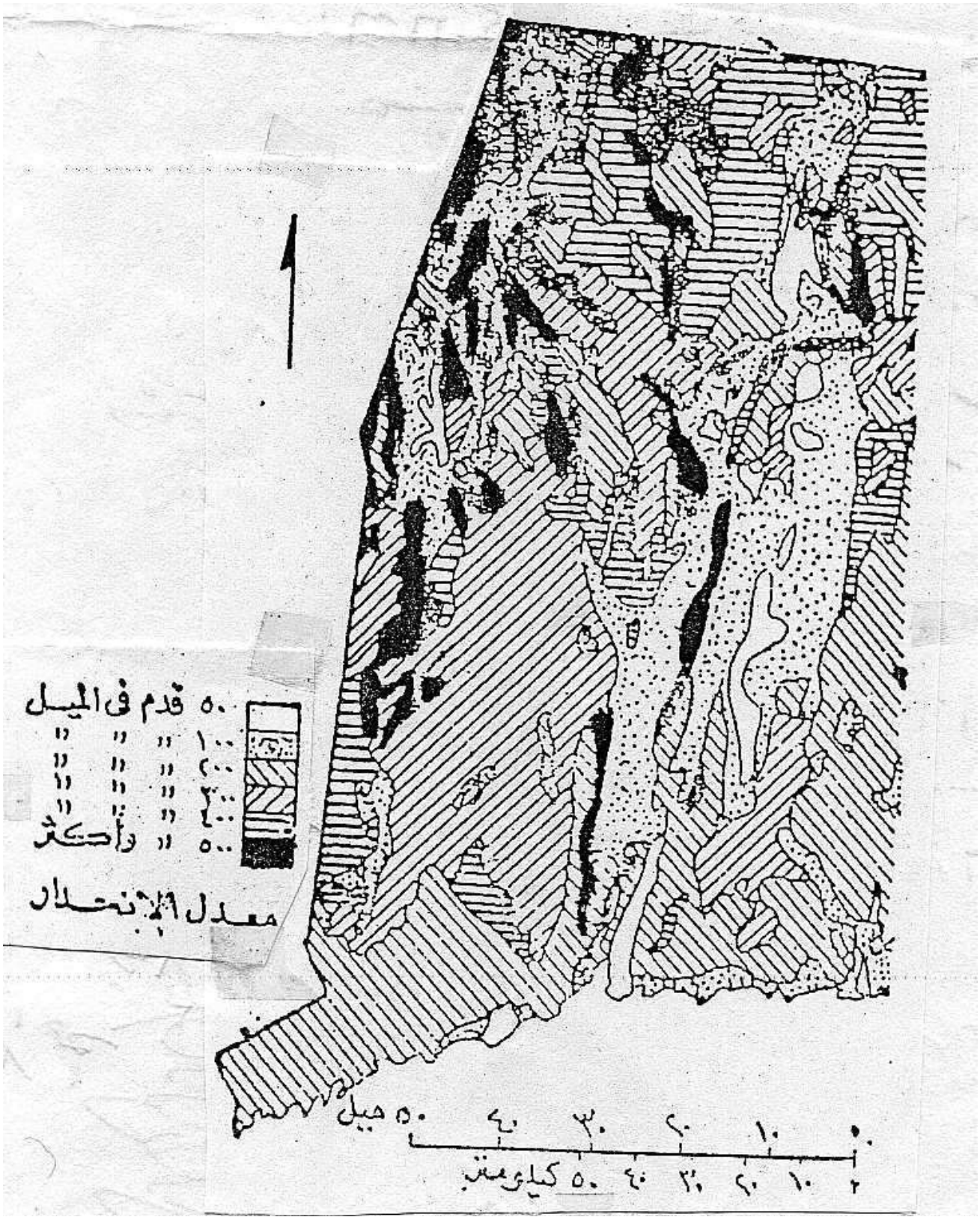
أ- طريقة سميث:

تتطلب هذه الطريقة خريطة كنتورية للمنطقة حيث يتم تقسيم الخريطة إلى عدة مستطيلات مساحة كل واحد منها على الأرض 6,75X4,4 ميل، إما على الخريطة فحسب مقياس رسمها، ثم يحسب الفرق بين أعلى وادني 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.

شكل رقم(19-1) تطبيق طريقة سميث على ولاية أوهايو.



شكل رقم(19-1ب) تظليل انحدار التضاريس حسب شدتها.



جـ- طريقة روبنسون:

تعتمد هذه الطريقة على خريطة كنتورية لمنطقة الدراسة ويتم تقسيمها إلى مربعات صغيرة المساحة تصل إلى 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 إن يمرا به تدون داخل المربع متوسط قيمة الخطين، وبعد الانتهاء من تدوين كافة القيم داخل المربعات يجري تصنيف القيم المتشابهة داخل المربعات من أعلى إلى 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 (20- 1).

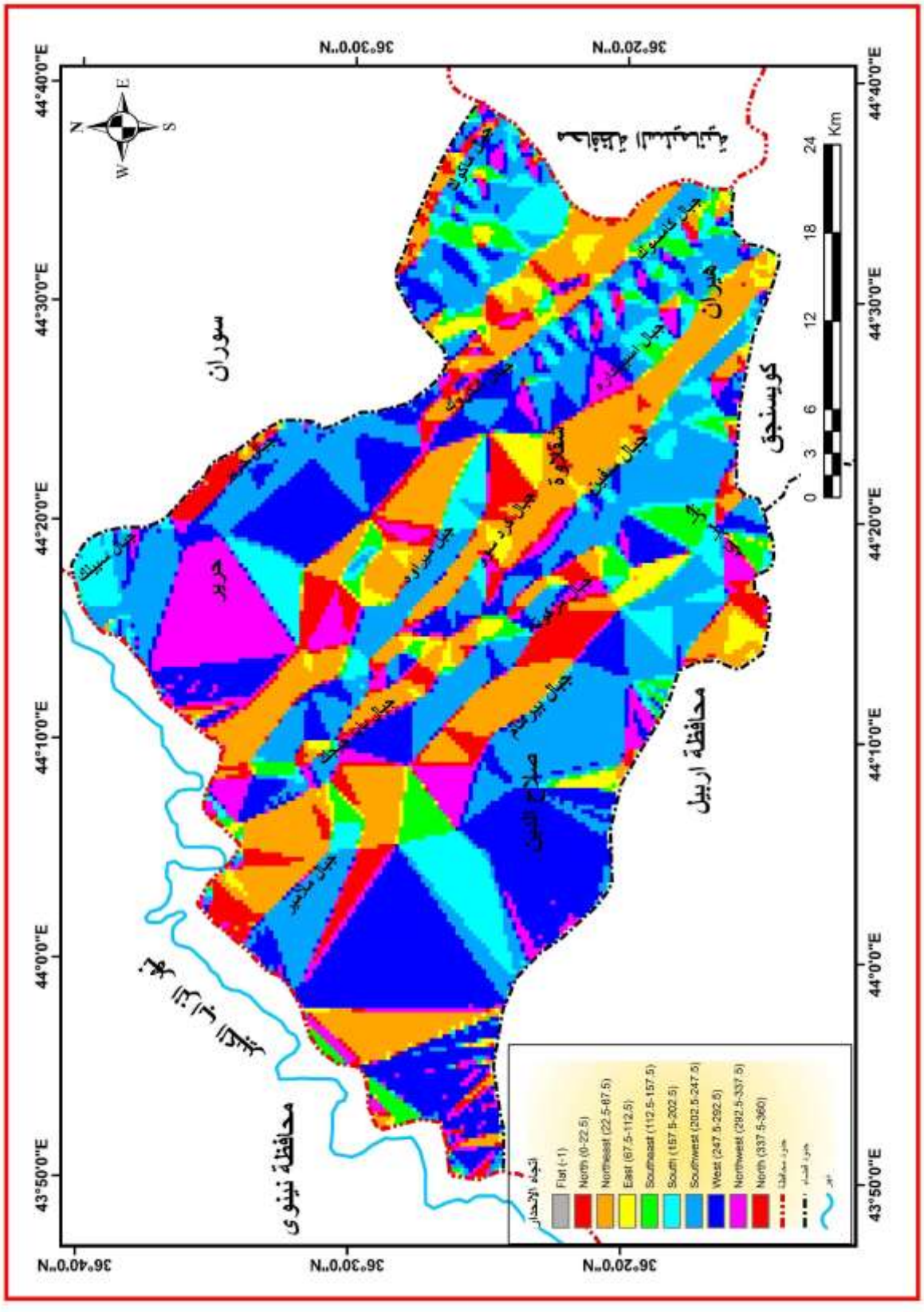
4- رسم خرائط وإشكال للمنحدرات:

إن دراسة منحدرات أية منطقة يمكن إن تترجم إلى 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 لأنها توضح المواقع الشديدة الانحدار والبطيئة والمناطق المحدبة والمقعرة ودرجة التغير في مقطع المنحدر الطولي، سيتم تناول ذلك في الفقرات اللاحقة.

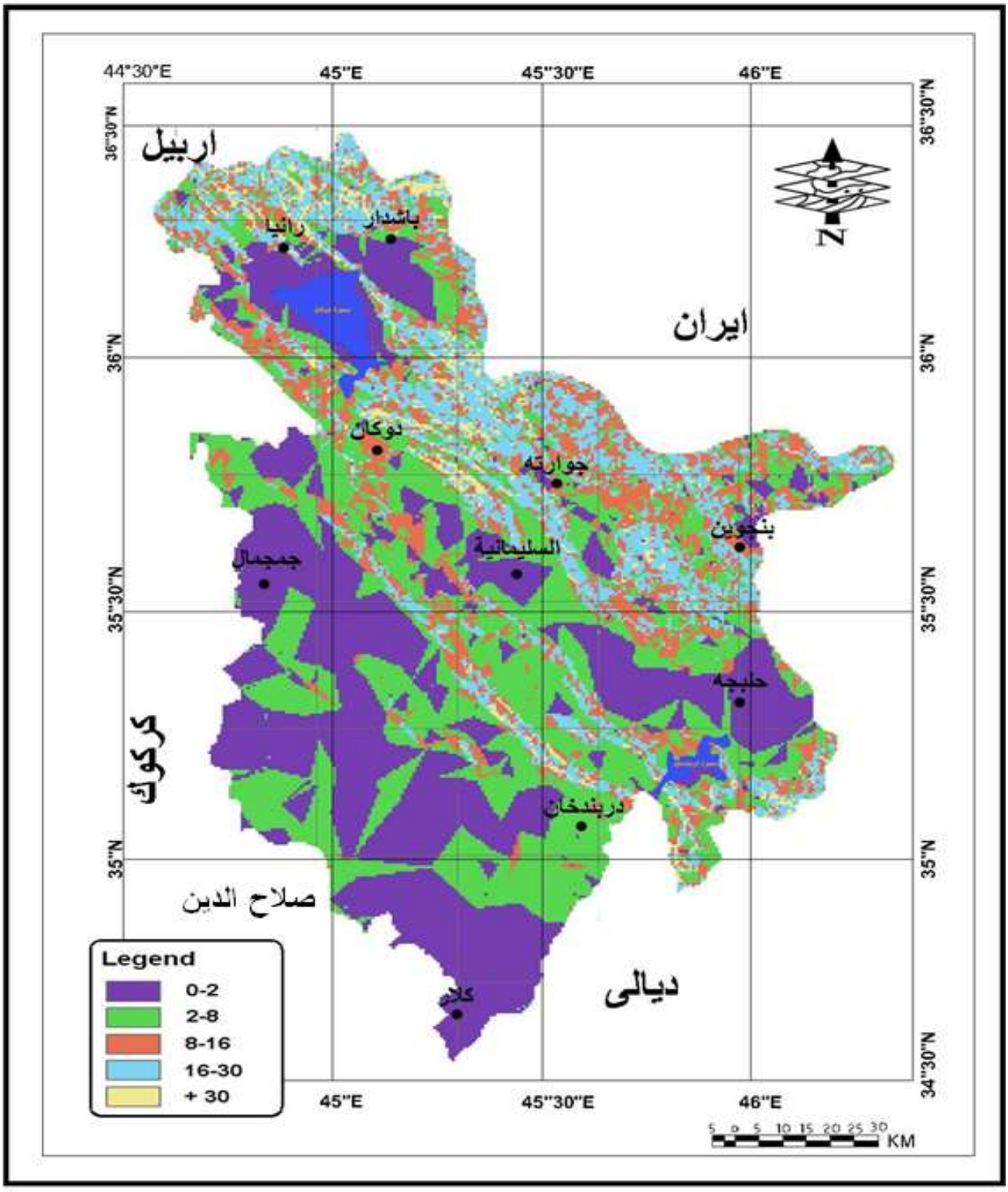
2- الطرق الحديثة في تمثيل المنحدرات:

استحدثت في العقدين الاخيريين برامج حاسوبية تقوم بتصنيف المنحدرات على عدة اسس من اهمها درجة الانحدار واتجاهه وانتاج خرائط دقيقة جدا تمثل الانحدارات كميا وعلى اسس تصنيف مثل تصنيف (zink1988) و (DEMEK) بالاعتماد على بيانات المرئيات الفضائية باستخدام مجموع برمجيات (ARC-GIS).

اتجاهات المنحدرات الارضية Aspect لقضاء شقلاوة المستنبطة من DEM.



تصنيف (zink1988) حسب الدرجة.



خامسا: المشاكل التي تتعرض لها المنحدرات:

تتعرض السفوح أو المنحدرات إلى عمليات السقوط والانزلاق والهبوط والتدفق الطيني والزحف والتي تعد من المشاكل التي يتعرض لها النشاط البشري سواء فوق تلك المنحدرات أو 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 إلى 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 إلى وفاة 277 شخصا وتشريد أكثر من 18000 فضلا عن الخسائر المادية ، و تحدث تلكFalls:ات بإشكال وأوضاع 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 إلا أنها تنشط في التكوينات الضعيفة التماسك حيث تتحرك الكتل المنفصلة من الطبقات العليا نحو الأسفل إما بشكل مباشر دون الاحتكاك بالمنحدر كما في المنحدرات الجرفية، أو تتدحرج بسرعة كبيرة على السفوح الشديدة الانحدار حتى تستقر في أسفلها،شكل رقم(3-24أ)، وتحدث هذه الظاهرة في جميع المنحدرات الشديدة كالاجراف البحرية والنهرية وسفوح المنحدرات الجبلية أو سفوح الأودية، وتكثر في التي تتكون من طبقات صخرية متباينة الخصائص وتتعرض إلى عمليات التجوية والتعرية فتعمل على تفكك الضعيفة منها فتسقط بفعل الجاذبية نحو الأسفل، حيث تكون سريعة الحركة في السفوح الشديدة الانحدار وبطيئة في السفوح المتوسطة أو المعتدلة الانحدار،

2- **الانزلاق** Slides.

تحدث ظاهرة الانزلاق على السفوح غير الجرفية التي يقل انحدارها عن 80° سواء كانت صخرية صلبة أو 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 الأسفل وبكل مكوناتها، وتتباين في أوضاعها وحركتها وأثارها 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، إذ 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، أو طبقات مائلة نحو الأسفل،

هـ- رطوبة السفوح ، تزداد الانزلاق 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 الانزلاق.

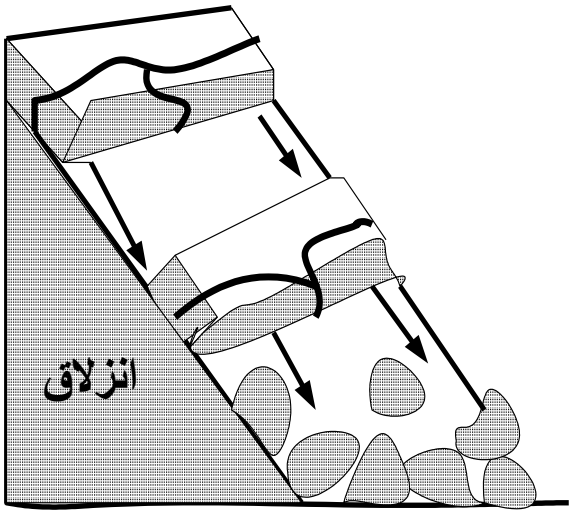
و- حدوث الزلازل التي تعمل على تفكك الصخور وتحركها من مواقعها وعلى شكل كتل كبيرة تنزلق نحو الأسفل.

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

ويتضح من ذلك إن الانزلاق تكون بأوضاع مختلفة ففي بعض الأماكن تكون على شكل كتل تتحرك في فترات متعاقبة حيث تنزلق كتلة من أسفل المنحدر ثم تليها التي تعلوها والتي بعدها بشكل متتالي، فيظهر شكل المنحدر غير منتظم إذ تؤدي تلك العملية إلى تغير شكل السفح، شكل رقم(20-1).

إما السفوح التي تتكون من المفتتات الصخرية والتربة ولكن على نطاق محدود، أي تشكل طبقة غير سميكة تصل إلى عدة أمتار وترتكز على طبقات صخرية، فأنها تتعرض إلى الانزلاق عندما تتشبع بالمياه فيضعف تماسكها فتتحرك فرق السطح الرطب فتغطي السفوح التي تقع إلى الأسفل منها وتظهر التكوينات الواقعة تحتها في الموضع المعرض إلى الانزلاق.

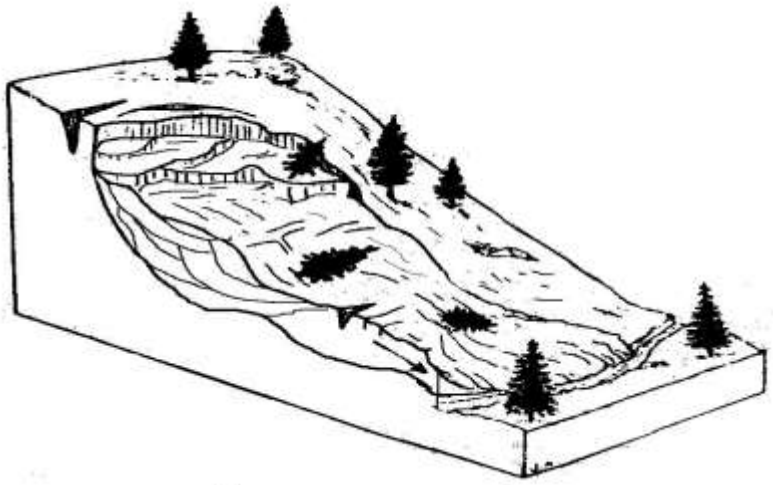
شكل رقم(20- 1) انزلاق الكتل الصخرية



3- **الهبوط** Slumps.

تحدث ظاهرة الهبوط في السفوح ذات التكوينات الهشة عندما تتحرك كتلة كبيرة من تلك التكوينات حركة د ورانية إلى الوراء عندما تتشبع بالماء فتتعرض في البداية إلى هبوط بسيط في التكوينات المتشبعة بالماء فتضعف من القاعدة التي ترتكز عليها التكوينات التي تعلوها فتتحرك بشكل دوراني نحو الأسفل 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(21- 1أ)، وفي بعض الأحيان تحدث عمليات هبوط كبيرة تعمل على تحرك كتل كبيرة من وسط المنحدر فستقر في أسفله وتتحرك كتلة أخرى فتستقر إلى الأعلى من الأولى وتتحرك كتلة ثالثة تستقر إلى الأعلى من الثانية فتظهر سلمية الشكل، شكل رقم (21-1ب)، 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 أو الصخور فوق موضع معين أو إقامة بناء فتشكل ثقل على تلك المواضع الضعيفة المقاومة فتهبط نحو الأسفل .[14] شكل رقم(21-1ج)، ففي المواضع التي تتجمع فوقها الثلوج وتذوب بشكل تدريجي فتتسرب المياه إلى داخل التربة فتعمل على تفككها من جهة ويؤدي ثقل الثلوج إلى هبوطها من جهة أخرى فتتحول إلى مناطق منخفضة ضمن السفوح والتي تكون مركزا لعمليات التعرية والتجوية في تلك المواضع فتعمل على توسعها وتحول بعضها إلى تجاويف وحفر عميقة حسب طبيعة تكوينات السفوح وقوة تأثير تلك العمليات، إما الأبنية التي تقام فوق سفوح ضعيفة التحمل تتعرض إلى الهبوط فيؤدي إلى تشقق الجدران أو الانهيار

شكل رقم (21-1 أ، ب، ج) ظاهرة الهبوط في السفوح

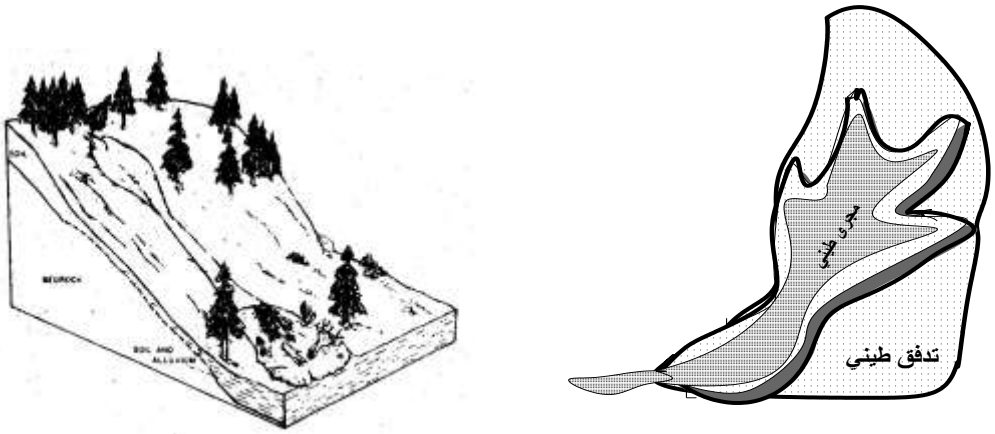


4- التدفق الطيني Mudflow

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 أسفل المنحدر بسرعة لان الماء يقلل من احتكاك الطبقة الطينية بالصخرية التي تحتها، كما يؤدي تشبع الطين إلى تكون مجاري مائية صغيرة سرعان ما تتحول إلى 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 أشدها في السفوح الخالية من النبات الطبيعي، وتعد ظاهرة التدفق الطيني من اخطر العمليات التي تتعرض لها السفوح لأنها تنتقل لمسافة طويلة بعيدا عن السفوح التي حدثت فيها، لذا تؤدي إلى تدمير ما يعترضها من عمران ومشاريع، شكل رقم(22 – 1).

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(22–1) التدفق الطيني



5- **الزحف أو الحركة البطيئة** Creep.

يحدث الزحف أو 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 إلى 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 أو التلغراف أو الأشجار أو تشقق جدران الأبنية أو والاسيجة شكل رقم (23- 1)، وقد يكون الزحف على شكل كتل صخرية مختلفة الأحجام وتتحرك ببطيء فوق السفوح ولمسافات قصيرة قد تكون من أعلاها إلى وسطها أو من وسطها إلى أسفلها، وقد تحدث تلك الظاهرة نتيجة لتبادل ظاهرتي التمدد والانكماش لمكونات السفوح والناتجة عن عمليات التجمد والذوبان أو الرطوبة والجفاف.

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

شكل رقم(23-1) التدفق الطيني

زحف مكونات السفوح

تشققات ارضية

موضع احد المدن أسفل سفوح الجبال (مدينة رانية)

6- **الانهيال**:

تحدث هذه الظاهرة في السفوح الرملية الشديدة الانحدار، حيث تتحرك الرمال من أعلى المنحدر إلى أسفله وكأنها ماء جاري وفي السفوح الجرفية تكون كالشلال، شكل رقم(23- 1)

ونظرا لضعف تماسك الرمل لذا تتعرض مثل تلك السفوح إلى عمليات تجوية وتعرية أكثر 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 إلى أماكن أخرى، عدا الخشنة والتي تشكل نسبة قليلة تبقى في مكانها.

شكل رقم(23- 1) الانهيال الرملي

يتضح مما تقدم إن تعرض السفوح إلى المملیات المتنوعة من سقوط وانزلاق وهبوط يترتب عليه تغير شكل تلك السفوح، فقد تتحول من محدبة إلى مقعرة أو من منتظمة إلى غير منتظمة أو بالعكس.

سادسا – أسباب تعرض المنحدرات أو السفوح إلى العمليات الجيومورفولوجية.

1- تأكل المنحدرات لأسباب متنوعة كالتعرية المائية أو الثلجية أو حدوث انهيارات سابقة أو أعمال هندسية أو أي نشاط يترتب عليه تأكل أو قطع أجزاء من السفوح.

2- وجود أثقال فوق بعض المواضع من السفوح مثل إقامة أبنية أو تجمع كتل صخرية منهارة من الأعلى أو تجمع الثلوج ومياه الأمطار، والتي تؤدي إلى زيادة وزن مكونات السفوح فتتعرض إلى 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 أو كتل كبيرة تتحرك نحو الأسفل.

4- التعرض إلى هزات أرضية بعضها ناتج عن تفجيرات تستخدم في قلع صخور بعض المواضع لغرض استغلال السفوح أو الصخور، فينتج عن ذلك تفكك الصخور وزيادة الفواصل والشقوق ضمنها والتي تقلل من تماسكها وتسمح للمياه و الثلوج بالتغلغل إلى 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 إلى معادن طينية لها القابلية على امتصاص الماء والانتفاخ مثل المنتمورولنايت، فتتحول إلى مادة صابونية تزيد من سرعة حركة الكتل الصخرية فوقها عند سقوط الأمطار، حيث تؤدي إلى حدوث انزلا قات مفاجأة ومدمرة.

8- قلة الغطاء النباتي على السفوح يقلل من تماسك مكوناتها لذا تتعرض السفوح الجرداء إلى عمليات تعرية وتجوية على نطاق أوسع.

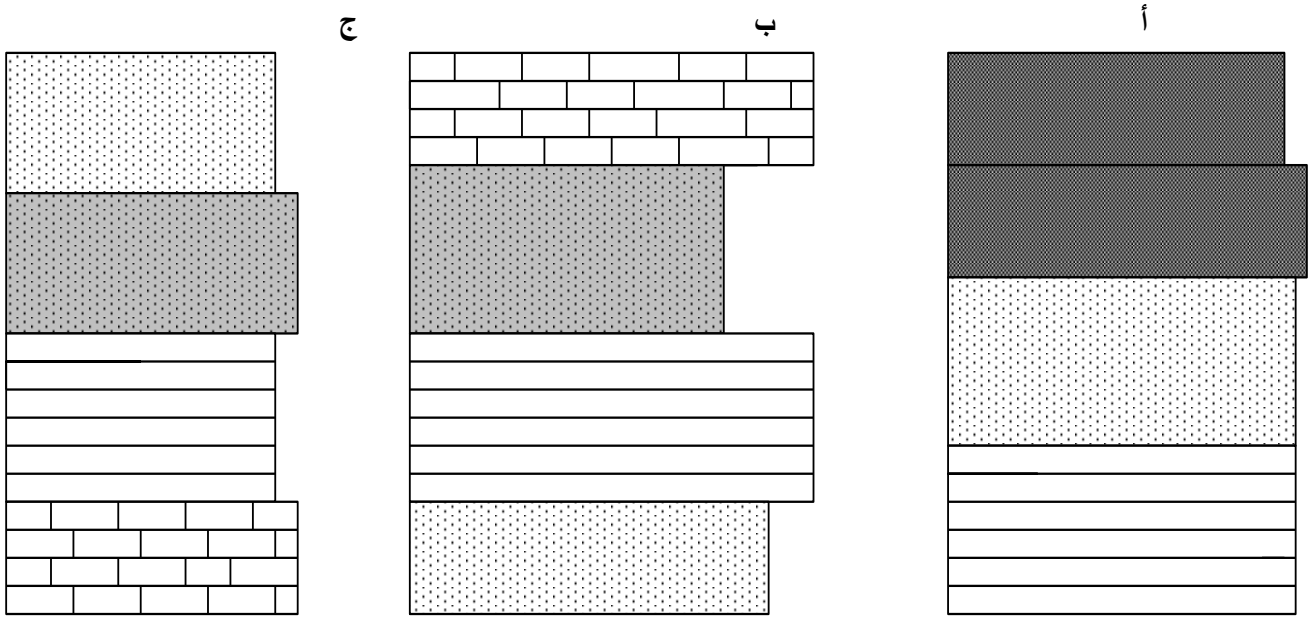
9. الامتداد الأفقي للطبقات الصخرية المكونة للسفوح ونوع مكوناتها، إذ تختلف مكونات السفوح من مكان لأخر وحتى في السفح الواحد تختلف العليا عن السفلى فينتج عن ذلك تركز العمليات الجيومورفولوجية في مواضع معينة من السفوح أكثر من غيرها، إي تتركز في التكوينات الضعيفة التماسك، وعلى العموم تتخذ الطبقات والكتل الصخرية 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(24- 1أ)، ويظهر مكشف الطبقات المتباينة الصلابة بشكل متعرج حيث تتراجع الطبقات الضعيفة وتتقدم الصلبة بشكل بارز إلى الأمام، وقد يؤدي التراجع الكبير في الطبقات الضعيفة إلى انهيار الصلبة التي تعلوها خاصة إذا كانت قليلة السمك ويصل امتدادها الحر إلى الأمام أكثر من متر لزوال قاعدة ارتكازها المتمثلة بالطبقة التي تحتها، وتزداد في الطبقات التي تتضمن فواصل وشقوق كثيرة شكل رقم(24-1ب).

وقد تكون الطبقات الصخرية في بعض السفوح قليلة التباين في خصائصها، أي تكون متقاربة في الصلابة أو في الضعف ألا انه يوجد تباين في السمك لذا تكون مكاشف تلك الطبقات قليلة التعرج ، حيث تكون استجابة الطبقات الصلبة لعمليات التعرية والتجوية قليلة، إما الطبقات الضعيفة فتتراجع بدرجات متقاربة أيضا لذا تتخذ أشكال متقاربة، شكل رقم (24-1ج).

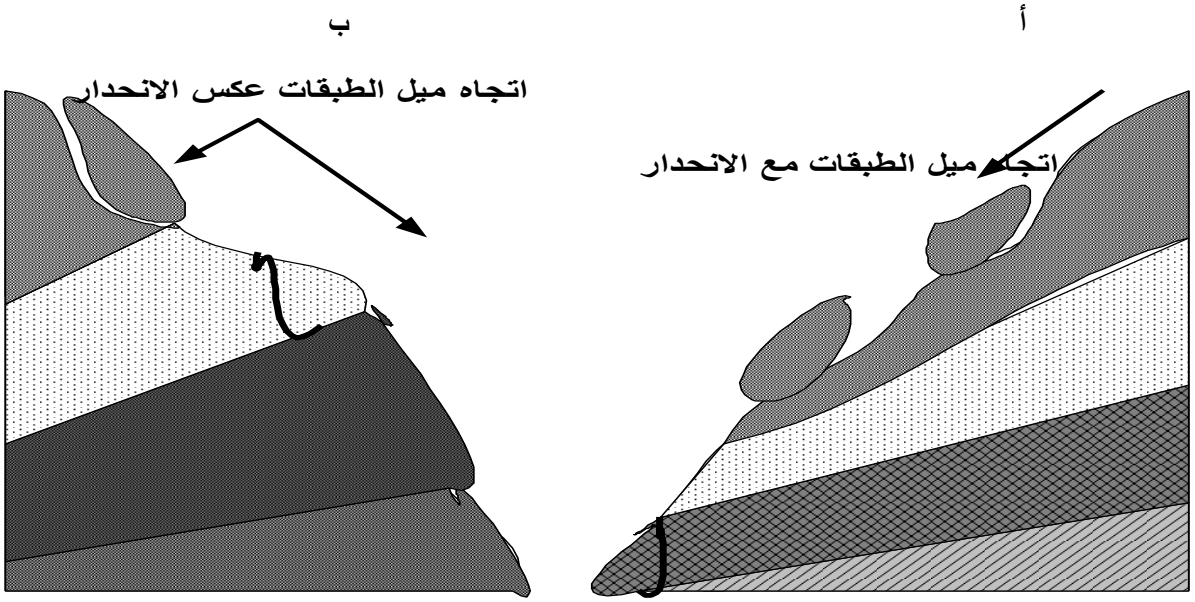
شكل رقم(24-1 أ، بن جـ) امتداد الطبقات الصخرية الأفقي واثر العمليات فيها.



ب- امتداد الطبقات الصخرية الأصلية بشكل مائل باتجاه الانحدار:

تمتد الطبقات الصخرية في بعض السفوح بشكل مائل باتجاه الانحدار وهذا ما يجعلها أكثر 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 أكثر من غيرها وخاصة في المناطق الرطبة، وقد تسهم عمليات قطع أجزاء من السفوح في تنشيط تلك العمليات، شكل رقم(25- 1أ).

شكل رقم (25-1) ميل الطبقات.



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 إذ تكون شديدة الانحدار باتجاه المنحدر الاان ميل الطبقات الصخرية إلى الوراء ببطيء، شكل رقم (25-1ب)، وتعد تلك السفوح اقل خطورة من الأنواع السابقة بسبب عدم تحرك الكتل الصخرية المنفصلة من الطبقات إلى الأسفل بسرعة لميل الطبقات بشكل معاكس لذا يكون تأثير الجاذبية محدودا.

جـ- 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 أسفل تلك السفوح، وتزداد عمليات انزلاق تلك الكتل عندما يكون السطح الذي تتحرك فوقه أملس،أو عند إزالة الأجزاء السفلى من تلك الطبقة، لعدم تماسك مكونات السفوح التي تتضمنها وعدم ارتباط تلك الكتل بطبقات، لذا تعد مصدر خطر على المنشآت التي تقام

و- كتل صخرية غير طبقية:

تتكون بعض السفوح من تكوينات هشة تتضمن كتل صخرية بأحجام وأوضاع مختلفة، والتي تظهر واضحة في بعض السفوح وغير واضحة في سفوح أخرى الأبعد إزالة الطبقات السطحية التي تغطيها، وتكون تلك الكتل قابلة للسقوط أو الانزلاق فوق أو أسفل مثل تلك السفوح.

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

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

2- إقامة جدران ساندة أسفل السفوح لحماية المنشآت والمشاريع المقامة في تلك المناطق للحيلولة دون وصول الكتل الصخرية المتحركة من الأعلى إليها، ويتوقف ذلك على على طبيعة المنحدر وربما لا يسمح وضعه الطبيعي من حيث التكوينات وشدة الانحدار بذلك.

3- تسوية أو تعديل المنحدرات لتقليل درجة انحدارها من خلال قشط المناطق المرتفعة أو المحدبة ودفن المناطق المنخفضة، أو 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 إلى الأسفل، وفي حالة استخدام الأسلاك الشائكة تكون المسافة بين خط وأخر رأسيا لأتزيد عن 20سم، وقد تقتضي الحاجة إلى إنشاء أكثر من خط وعلى مسافات متباعدة، أي تكون مثلا في وسط المنحدر وأسفله، وفي بعض الأحيان يتم مد خطين متوازيين من الأسلاك المشبكة وعلى مسافة لأتزيد عن نصف متر وتثبت بقضبان حديدية أو جدران كونكريتية ويملأ وسطهما بالصخور أو الجلاميد فتكون أكثر 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 أو سكة حديد، وتحتاج إلى هذالمائية. السفوح التي يتم قطعها لإقامة نشاط معين، وقد استخدم هذا الأسلوب في الأردن لحماية جزء من طريق عمان اربد الذي يمر أسفل سفوح مقطوعة ضعيفة التماسك.

7- إزالة بعض الأحمال أو الأوزان من فوق السفوح غير المستقرة مثل الكتل الصخرية التي تجمعت فوقها أو الثلوج المتجمعة أو إزالة أبنية في حالة وجود مخاطر عليها.

8- تثبيت أوتاد حديدية أو 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 .

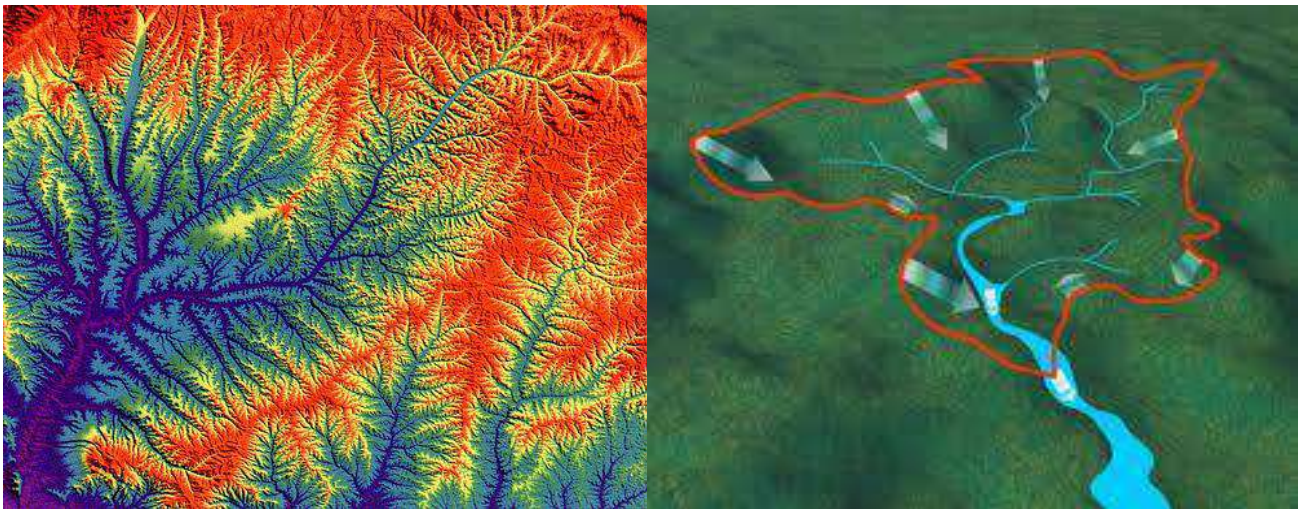
10- عمل حواجز من الصخور المتوفرة على السفوح التي تتعرض إلى عمليات الانزلاق والهبوط وبشكل يتعامد على اتجاه الانحدار وفي المواضع المستقرة من تلك السفوح، ويمكن عمل أكثر من حاجز إذا تطلب الأمر ذلك.

جيومورفولوجية احواض الانهار

حوض النهر هي مساحة اليابس التي تغذي أقنية أو أودية محددة بالماء اللازم لجريانها.وتشمل جميع الشبكة القنوية الفرعية أو الروافد التي تنقل مياهها السطحية إلى الجريانات المائية السطحية القنوية الرئيسية.

حدود الحوض النهري تشمل على مجموع المساحات الحوضية الفرعية التي تنتمي إليها جميع أجزاء هذه الشبكة القنوية وروافدها، ويغطي ذلك المساحة التي تحدها وتحيط بها خطوط تقسيم المياه من جميع الجوانب التي تمثل مناطق المنابع وتجري على سطحها المياه السطحية لتلتقي في مجرى مائي رئيسي يصب في بيئة المصب التي تقع عند مستوى أساس محلي أو خارج

شكل (26-1) الاحواض المائية



الخصائص المورفومترية للأحواض المائية

تمثل دراسة الأحواض المائية جانباً كبيراً من اهتمام الجومورفولوجيين، لما لهذه الأحواض من دلالات بيئية عديدة. فالخصائص المورفومترية للأحواض المائية عامة ترتبط ارتباطا مباشرا بالعوامل الطبيعية، خاصة البنية الجيولوجية (Structure) والمناخ والغطاء النباتي وأية تغيرات تطرأ عليها كما تلقي دراسة تلك الخصائص الضوء على هيدرولوجية المجاري المائية وإنتاجها الرسوبي (Sediment Yield)، ودورها في تطوير الأشكال الارسابية والحتية المختلفة. يضاف إلى ذلك. إن هذه الدراسة تمثل قاعدة ضرورية لاهتمامات علمية أخرى، كتلك المتعلقة بالمصادر المائية، والتربة، والهندسة الجيولوجية. تحدد العوامل الطبيعية السائدة في بيئات الأحواض المائية خصائصها المورفومترية إلى حد كبير، إذ تتفاعل هذه العوامل لتساهم، في النهاية، في تطوير السمات الجيومورفولوجية المميزة لتلك الأحواض، ولما كانت الأحواض المائية حساسة جدا بالنسبة للتغييرات التي تتعرض لها العوامل الطبيعية، بحيث تتمكن من استيعابها بواسطة.

وتستعمل الخرائط الطبوغرافية للحصول على مختلف القياسات المورفومترية التي، بطبيعتها، يمكن حسابها مباشرة، أو بتطبيق الطرق الرياضية المتعارف عليها، وتقسم هذه الخصائص إلى:

العوامل المؤثرة على الجريان والتصريف المائي في أحواض الأنهار 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 جيولوجية و 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 لا تسمح بتسرب المياه فيزداد التصريف، اما التكوينات المسامية يزداد فيها التسرب ويقل التصريف، كما يكون التصريف في التكوينات الرطبة اكبر من الجافة

طاقة النهر :

إن طاقة النهر مهمة جداً في العمل الجيومورفي وتعتمد على المتغيرات التالية:

1. سرعة التيار المائي. 2. كمية التصريف. 3.الحمولة النهرية.

1– سرعة النهر:

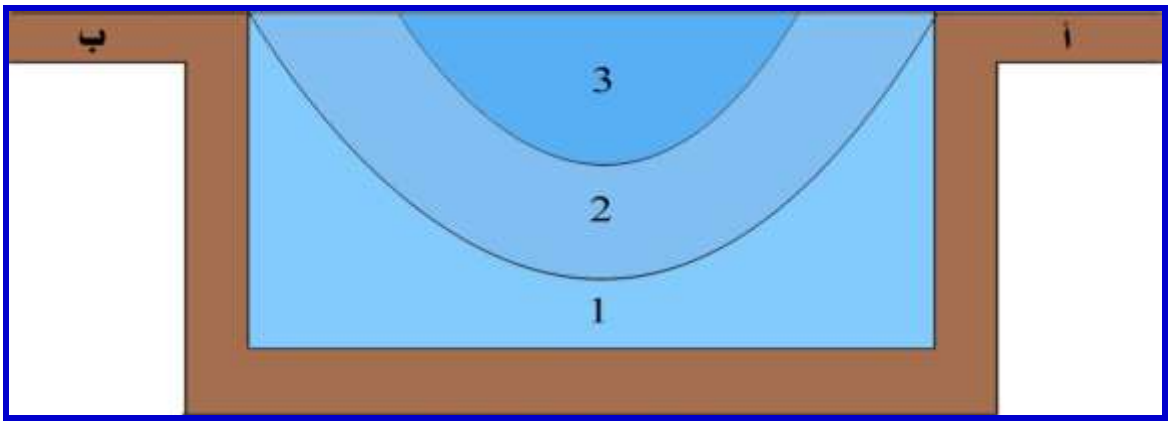
المسافة التي يقطعها التيار المائي خلال وحدة زمنية محددة وتقدر بوحدة مسافة على وحدة زمن مثلاً كم / ساعة.

تتوقف سرعة النهر على عدة متغيرات:

1. حجم المياه المارة في نقطة القياس.
2. الخصائص الشكلية للقناة المائية من حيث العمق والاستقامة.
3. انحدار القناة المائية.
4. الاحتكاك بين المياه والضفاف والقاع من جانب وبين كتلة الماء المتحركة والهواء الملامس لها.

وتبعاً لذلك تتباين سرعة التيار في المقطع العرضي تبعاً للمتغيرات الآنفة الذكر (شكل 21).

الشكل (21)مقطع عرضي للنهر يوضح سرعة التيار المائي.



1. سرعة قليلة التيار. 2. سرعة متوسطة. 3. سرعة شديدة.

1. سرعة قليلة: تكون في الأجزاء السفلى من النهر لأن النهر يصرف جزء من طاقته للتغلب على قوى الاحتكاك بين كتلة المياه المتحركة وقاع وجوانب النهر.

2. سرعة متوسطة: تتواجد ضمن كتلة المياه المتحركة لأن الطاقة التي يصرفها التيار المائي من أجل التقدم للأمام تكون اقل لتجانس الوسط الذي يتحرك به (كتلة الماء).

3. سرعة شديدة: هي أكثر أجزاء النهر سرعة، هي الجزء السطحي العلوي الذي يقع فوق جزئه العميق الوسط، لأن الماء تتحرر في سطحه العلوي من الاحتكاك من الصخور وكتلة الماء باستثناء ملامسته للهواء.

2- التصريف المائي (الايراد المائي):

كمية المياه المارة في مقطع معين ضمن المجرى المائي وتقاس بوحدة حجمية على زمن (قدم مكعب أو متر مكعب في الثانية) ويؤثر في كمية التصريف مقدار التغذية المائية الواردة للقناة المائية وكذلك شكل القناة المائية من حيث العمق والاتساع والاستقامة.

3- الحمولة النهرية:

المجموع الكلي للارسابات الموجودة في النهر ويبقى النهر فعالاً من الناحية الجيومورفية طالما له القدرة على تحريك الحمولة ضمن مجراه.

تتنوع الحمولة إلى:

أولاً: حمولة ذائبة (غير ظاهرة): حمولة ناتجة من تجوية كيميائية لصخور القاع والمجرى وجميع أراضي التغذية المائية للنهر، وتحملها المياه بشكل أيونات ذائبة (غير مرئية) لكن نستدل عليها من الفحص المختبري للمياه. وهي التي تحدد عسرة المياه وصلاحيته للاستعمالات البشرية المختلفة.

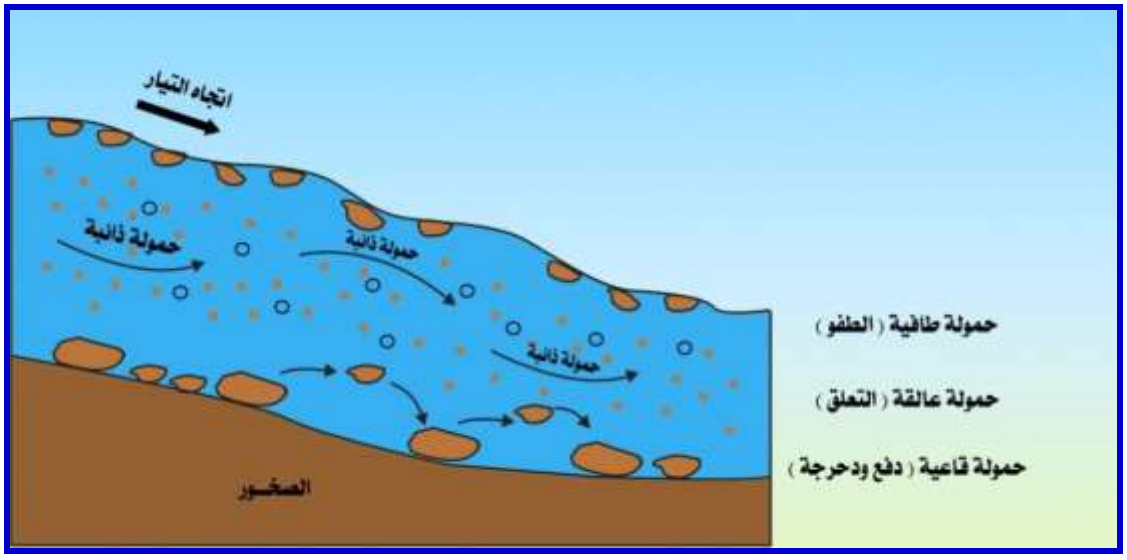
ثانياً: حمولة ظاهرية (مرئية): وتتنوع تبعاً لخصائصها الشكلية إلى:

1. **حمولة طافية:** تكون شوائب ونفايات وبقايا نباتات ليس لها دلالة جيومورفية لكنها تعكس طبيعة التلوث المائي للنهر.

2. **حمولة عالقة:** تكون جزيئاتها صغيرة جداً متمثلة بالطين والغرين وأحياناً الرمل الناعم وهي ناتج تجوية فيزيائية لصخور حوض الصرف المائي والقناة وهذه الحمولة لها دور مهم في تطور مظاهر أرضية سنوضحها في الفقرات القادمة.

3. **حمولة قاعية:** مواد إرسابية خشنة كبيرة الحجم متمثلة بالحصى والكتل الصخرية المتفاوتة في حجمها وشكلها والمتواجدة في قاع المجرى المائي.

شكل (22) الحمولة النهرية



أهمية الأحواض المائية:

أ- الأهمية الهيدرلوجية:

ترتبط الأحواض المائية بالموارد المائية المختلفة المتاحة لذلك لا يجوز أن تكون أي دراسة للموارد المائية لا تأخذ الدورة الهايدرلوجية بعين الاعتبار التي عندها لا تحقق أهدافها النظرية أو التطبيقية مثل تحديد الموازنة المائية وتحديد الطاقة التخزينية وتخطيط استعمالات الموارد المائية.

ب- الأنشطة البشرية:

تعد الأحواض المائية للإنسان مصدر ثروة طبيعية واقتصادية متنوعة حيث قامت الحضارات القديمة عند الأحواض المائية كالحضارة الصينية والمصرية والعراقية حيث ارتبطت الأنشطة البشرية بمواقع الأنهار أو عند مصباتها إذ كان لهذا الارتباط عدة أسباب هي:

1. وفرة الماء اللازم للأغراض المختلفة)منزلية ،ري وما يرتبط من أنشطة صيد ،ملاحة.
2. ما ترسبه الأنهار من ترب فيضية خصبة تتجمع على طول المجرى الحوضي على شكل مصاطب رسوبية أو فيضية أو عند المصب على شكل دلتا أو مروحة فيضية.
3. توليد الطاقة الكهربائية من خلال الشلالات المائية أو مصدر أخشاب من الغابات ومراعي إضافة إلى الجذب السياحي.

جـ- الأخطار البيئية:

كثيراً من الأخطار البيئية تبدأ نشأتها داخل حدود الحوض المائي مثل التلوث وانجراف التربة والانهيارات الأرضية والفيضانات، هناك عدة أسباب تؤدي إلى حدوث اضطراب في التوازن البيئي داخل الحوض المائي منها

1. سوء استعمال أراضي الحوض.
2. قطع الغابات.
3. الرعي الجائر.
4. أعمال التحجير والتعدين. أما أعمال المحافظة داخل الحوض المائي هي.
5. بناء مصاطب وجدران استنادية.
6. تحريج أراضي الحوض.
7. ضبط الرعي.

الأهمية الجيومورفولوجية الأحواض المائية:

أ- الأهمية الجيومورفولوجية:

يتكون سطح الأرض من مجموعة من الأحواض المائية التي تشكل مما يجعل أن أي مساحة من السطح تنتمي لأحد الأحواض المائية والتي تضم مختلف أشكال الأرض، اذ يشكل الحوض المائي نظاماً مفتوحاً مستقلاً يتكون من مُدخلات ومخرجات والعلاقات القائمة بينهما يستقبل الحوض المائي الطاقة من: 1- المناخ 2- القوى الباطنية، أما فقدان الطاقة فيتم من خلال 1- التبخر 2- النتح 3- خروج الرواسب والماء عند المصب، ويتكون النظام الحوضي من أنظمة فرعية تتمثل بالمنحدرات التلية والوحدات الجيومورفولوجية ويشكل الحوض المائي خصوصية نظامية تميزه عن غيرة لذا كان من الضروري دراسة الأحواض المائية في المواقع المختلفة فلا يغني دراسة أي منها عن الآخر. تعد الأحواض المائية مكاناً لتطبيق القياسات وأخذ العينات والعمل ألمخبري وغيرها وما يتبع من معالجات إحصائية مما ساهم في كثير من الدراسات الجيومورفولوجية، دراسة

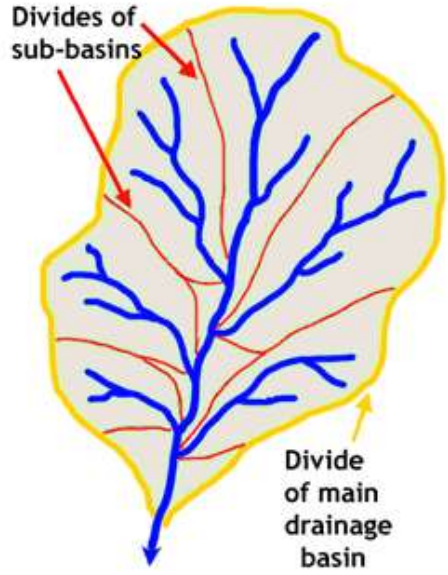
الأحواض من الناحية الجيومورفولوجية يعطي صورة واضحة عن التغيرات البيئية التي تعرضت لها وخاصة التغيرات المناخية والبنائية من خلال تحديد مدخلات ومخرجات النظام الجيومورفولوجي مثل ارتفاع الكثافة التصريفية أو شدة الانحدار واستدارة وغيرها من الأشكال الأرضية والمنتشرة في الأقاليم الجافة والتي قد تكونت في ظروف مناخية رطبة ماضية، دراسة أي شكل أرضي أو عملية جيومورفولوجية لا يمكن أن تحقق هدفها بمعزل عن البيئة الحوضية المنتمية لها حيث أن تطور الأحواض المائية يؤثر في نوعية وخصائص الأشكال الأرضية مثلاً تكون المروحة الفيضية عند المصب لا يمكن تفسير أبعادها بمعزل عن المتغيرات الحوضية الماضية مما يزيد من تعقيد العلاقة المكانية بين الشكل والعملية.

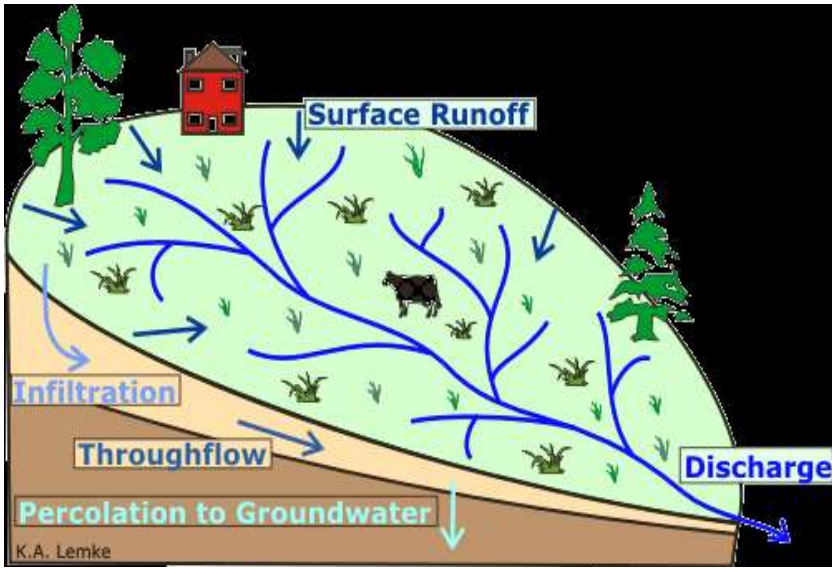
ب- بناء النظام الحوضي الجيومورفولوجي:

مناطق تقسيم المياه وشبكة الأقنية والوادي الرئيس والسفوح أهم مكونات الحوض المائي من ضمن عناصر ومتغيرات وقد تتباين نوعية وطرق تحديد عناصر النظام تختلف من دارس لآخر حسب الدراسة أو الهدف حيث يمكن وضع الخصائص في مجموعات محددة ومميزة مثل مجموعة الخصائص الشكلية والمساحية والتضاريسية والعوامل البيئية. فيما يلي شرحاً لأهم العناصر والمتغيرات الحوضية.

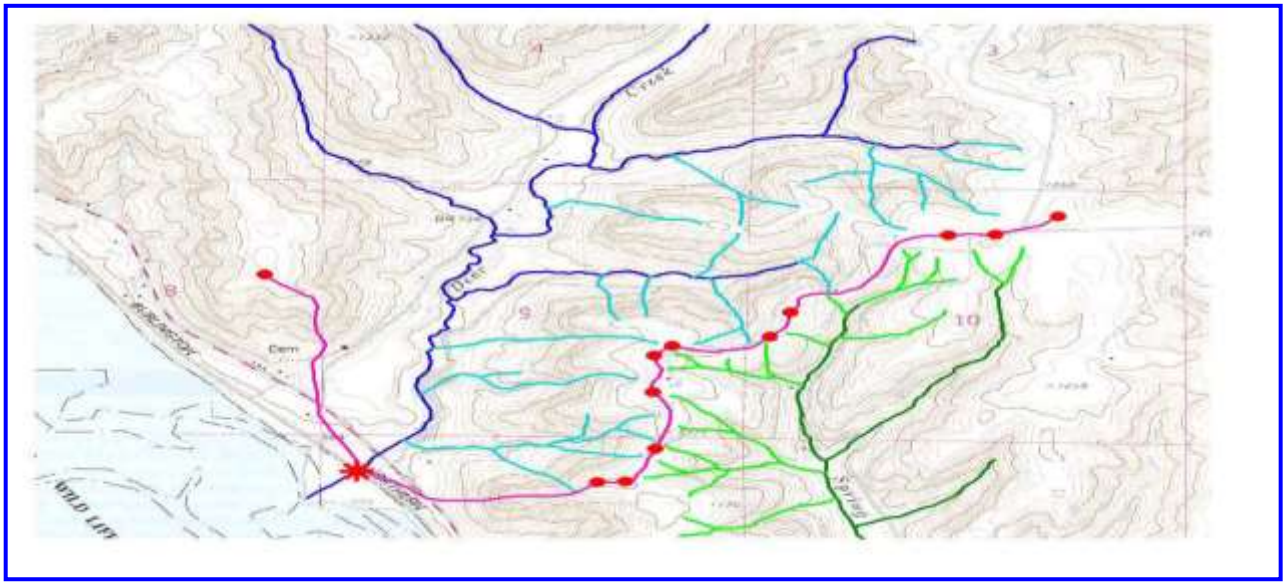
1- مساحة الحوض: لكل مجرى مائي مساحة تغذية مائية أو مساحة حوضية ترفده بالتصريف المائي بغض النظر عن حجم المجرى ويمكن تحديد مساحة الحوض المائي من خلال خطوط تقسيم المياه إما على الخريطة الكنتورية أو الطبوغرافية أو الصور الجوية ويتم قياس مساحة الحوض من خلال: أ. جهاز البلانيميتر العادي ب. جهاز البلانيميتر الرقمي جـ.المربعات د. الحاسوب.

شكل (27-1) الاحواض المائية





خريطة كنتورية يتم من خلالها رسم خطوط تقسيم المياه



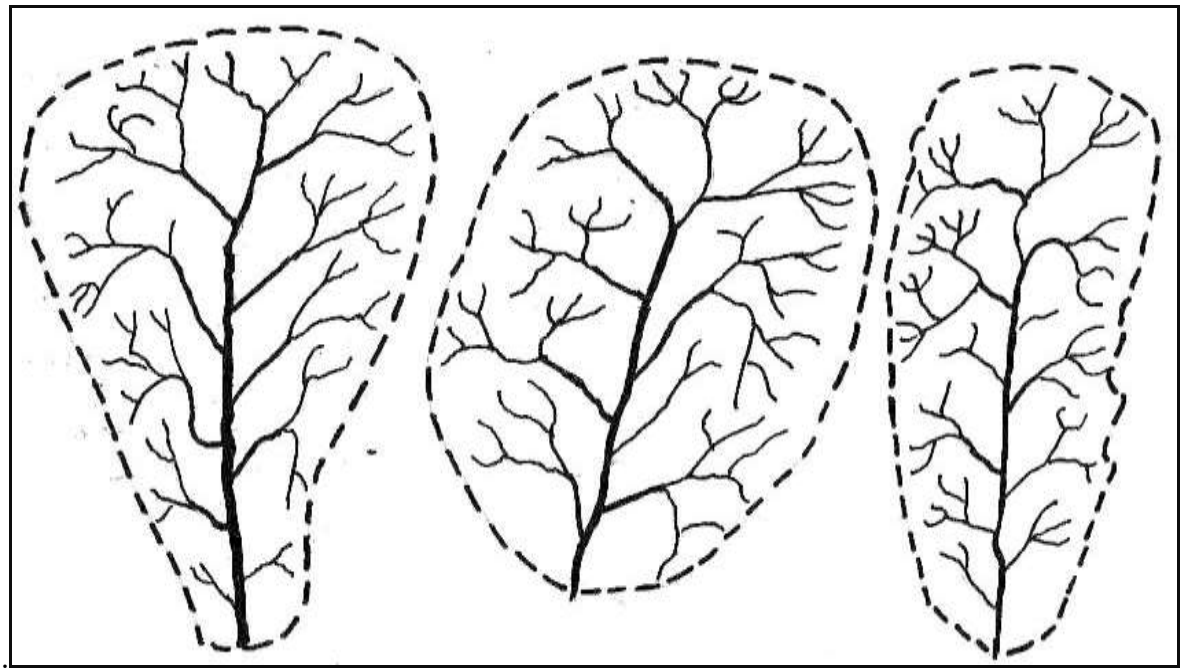
جدول (2-1) يبين اهم الخصائص المورفومترية للاحواض النهرية

ت	الخصائص الحوضية	ت	الخصائص الحوضية
1	مساحة الحوض / كم2	17	معدل النسيج الحوضي
2	نسبة استدارة لحوض %	18	المعامل الهبسومتري
3	نسبة استطالة الحوض	19	منسوب بيئة المصب
4	طول الحوض / كم	20	طول الشبكة المائية
5	عرض الحوض	21	الكثافة التصريفية
6	محيط الحوض	22	رتب النهر
7	معامل شكل الحوض	23	رتبة الحوض
8	اقصى ارتفاع للحوض	24	عدد المجاري المائية
9	نسبة التضرس	25	التكرار النهري
10	تضرس الحوض	26	طول مجاري كل رتبة نهرية
11	متوسط انحدار الحوض	27	معدل التشعب النهري
12	متوسط انحار المجرى	28	متوسط انحدار مجاري الرتب
13	نسبة الوعورة	29	نسبة التعرج/ الانعطاف
14	تجزء / انتظام المنحدر	30	نمط الشبكة النهرية
15	شكل المنحدر	31	
16	اتجاه المنحدر		

الخصائص المورفومترية للحوض.

يعني حوض النهر 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 تتخذ اشكالا مختلفة كالدائري والبيضوي والمستطيل والكمثري او المخروطي، شكل رقم(5-1).

شكل رقم(5- 1) أشكال الأحواض



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- الخصائص الهندسية:

1- مساحة الحوض:

تقاس مساحة الحوض بعد تحديد الحد الفاصل بين الاحواض المتجاورة، اذ يمثل خط تقسيم المياه الحد الذي يفصل بين الاحواض المتجاورة، ويتم قياس الحوض بعدة طرق منها:

أ . استخدام عجلة القياس: وهو جهاز لقياس مساحة الخرائط، فمنه دائري يشبه البوصلة.

ب . جهاز قياس يسمى Scale Map Wheel والذي يعد اكثر دقة وحداثة من النوع السابق، اذ يكون مستطيل الشكل يتضمن شاشة ومفتاح وعجلة صغيرة في اسفله. عندما يمرر فوق محيط الخريطة يظهر على الشاشة قياس المساحة، ويعد سهل وبسيط وذا نتائج جيده.

جـ . Digitiser قلم المتتبع الإليكتروني: والذي يعد من اكثر وسائل القياس سرعة ودقة، اذ يتضمن الجهاز شاشة صغيرة ومجموعة مفاتيح وعجله في نهايته المدببة، والتي تتحرك فوق محيط الخريطة فتظهر النتائج على الشاشة الصغيرة.

د . الوسائل التقليدية: تتمثل بطريقة المربعات، مثل تقسيم منطقة الحوض على الخريطة الى مربعات وتحسب مساحة كل واحد منها ثم تجمع فالناتج يساوي مساحة الحوض.

هـ- التقنيات الحديثة: يمكن قياس جميع عناصر الأحواض المائية من خلال استخدام برامجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من المرئيات الفضائية مثل برنامج (watershed) .

2- عرض الحوض:

ان التعرف على متوسط عرض الحوض يمكن بإحدى الطريقتين هما:

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

مثال1:

حوض تم قياس ثلاثة مقاطع له، فكانت النتائج 4 و6 و3 كم .

يكون متوسط عرض الحوض = 4 + 6 + 3 = 13 ⟵ 13 ÷ 3 = 4.3 كم.

ب . قسمة مساحة الحوض على طوله.

مثال2:

حوض مساحته 75 كم^2 وطوله 25 كم، سيكون عرض الحوض كالاتي: 75 ÷ 25 = 3 كم.

3- طول الحوض:

يمثل طول الحوض المسافة بين اقصى نقطة تقع عند بداية الحوض الى ادنى نقطة عند المصب، ويتم قياس ذلك باستخدام مسطرة توضع من بداية الحوض من جهة المنبع حتى المصب، وبعد معرفة تلك المسافة بالسنتمتر يتم الرجوع الى مقياس رسم خريطة الحوض لمعرفة ما يساوي 1 سنتمتر على الارض، فيضرب عدد السنتمترات بمقياس الرسم، فيمثل الناتج طول الحوض.

مثال1:

حوض طوله 15 سم على الخريطة، وكان مقياس رسم خريطة الحوض 1/ 400000 أي كل 1سم يساوي 4 كم،

من خلال العملية الاتية : 400000 ÷ 100000 = 4

وعلية يكون طول الحوض 15 × 4 = 60 كم.

4- محيط الحوض:

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

ثانياً- الخصائص الشكلية للحوض:

ان التعرف على الخصائص الشكلية للحوض تحتاج الى معادلات احصائية ورياضية لغرض التوصل الى نتائج دقيقة، ومن اهم الخصائص الشكلية ما يأتي:

1- نسبة الاستطالة:

توضح نسبـــــة الاستطالة مدى اقتراب شكل الحوض من الاستطالة ام لا، وتكون قيمته مـــا بين (0 --- 1) فاذا اقترب الناتج من الواحد فهذا يعني ان الشكل غير مستطيل، واذا اقترب من الصفر فيميل شكل الحوض الى الاستطالة، ويحتاج هذا تطبيق القانون الأتي:

$$\text{نسبة الاستطالة (Elongation Ratio)} = \frac{\text{قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض / كم}}{\text{أقصى طول للحوض / كم}}$$

مثال1: وادي ضمن حوض طوله 75 كم، وقطر الدائرة المساوية لمساحة الحوض 17كم ،

$$\therefore \text{نسبة الاستطالة} = \frac{17}{75} = 0.22$$

يتضح من الناتج ان الحوض يميل الى الاستطالة.

.....

2- نسبة الاستدارة*:

تعبر عن مدى ابتعاد او اقتراب شكل الحوض من الاستدارة، أي "الشكل الدائري" ويكون الناتج ما بين (0 - 1)، فاذا كانت النتيجة قريبة من الواحد يعني شكل الحوض قريب من الدائري، واذا قريب من الصفر يكون بعيد عن الدائري، ويتم الحصول على نسبة الاستدارة من المعادلة الاتية:

$$\text{نسبة الاستدارة (Circularity)} = \frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{مساحة الدائرة التي محيطها يساوي محيط الحوض كم}^2}$$

- المحيط = 2نق×3.14
- نق مربعا = المساحة ÷ 3.14
- نق = جذر مربع نصف القطر (المساحة ÷ 3.14)

* مساحة الدائرة = نق مربعا X ثابت النسبة التقريبية (3.14)
إن اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل يشير إلى انخفاض دلالة خطر الفيضان لان الحوض المستطيلة تأتي الموجات المائية من الروافد إلى المجرى الرئيسي بشكل متدرج زمنيا.

مثال1:
حوض مساحته 185كم^2 ومساحة الدائرة التي محيطها يساوي محيط الحوض 210كم^2 .

نسبة الاستدارة $= \frac{185}{210} =$ **0.88**

تشير النسبة الى اقتراب شكل الحوض من الدائري.

.....

مثال2:
حوض مساحته 73 كم^2 ومساحة الدائرة التي تساوي محيط الحوض85 كم^2 ، اوجد نسبة الاستدارة.

نسبة الاستدارة $= \frac{73}{85} =$ **0.85**

النتيجة قريبة من الواحد فالشكل قريب من الاستدارة.

ملاحظة مهمة: تكون قيمة هذه النسبة بين (1-0) وكلما اقتربت النسبة من الواحد دل ذلك من اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري والعكس هو الصحيح . ولكلا الحالتين دلالات جيومورفولوجية مهمة :

1. إن اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري مؤشر إلى:

أ- وقوع الحوض ضمن تكوينات صخرية متجانسة من حيث نوعيتها ودرجة صلابتها .

ب- تقدم الحوض في دورته الجيومورفولوجية .

جـ. دلالات هيدرولوجية مهمة تتمثل بسرعة وصول الموجات المائية من الروافد إلى المجرى الرئيسي في وقت واحد وهذا ما يجعل دلالة خطر الفيضان مرتفعة .

2. إما في حالة ابتعاد شكل الحوض عن الشكل الدائري مؤشر.

أ- إن الحوض في بداية دورته الجيومورفولوجية .

ب- عدم انتظام خطوط تقسيم المياه .

جـ- إن دلالة خطر الفيضانن منخفضة بسبب تأخر وصول الموجات المائية من الروافد إلى المجاري الرئيسية بسبب طول المجاري المائية وتباعدها.

3- معامل شكل الحوض:

ان هذا المعامل يتم الحصول علية من خلال العلاقة بين مساحة الحوض ومربع طوله، اذ تشير القيم العالية الى انتظام شكل الحوض الى الشكل المربع او المستطيل، والمنخفضة عدم انتظامه وميله الى الشكل المثلث، ويتم الحصول على قيمة المعامل من المعادلة الاتية:

$$\text{معامل شكل الحوض (From Factor)} = \frac{\text{مساحة الحوض}}{\text{مربع طول الحوض}}$$

مثال1:

اوجد قيمة معامل شكل حوض مساحته 73كم^2 وطوله 21 كم.

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{73}{441} = 0.16$$

اذ تشير القيم المنخفضة الى عدم انتظام شكل الحوض.

4- معامل اندماج الحوض:

يوضح هذا المعامل العلاقة بين محيط الحوض ومحيط الدائرة التي تساوي الحوض في مساحته، فتبين القيمة التي يتم الحصول عليها مدى التناسق بين محيط الحوض ومساحته، وميل الحوض الى شكل منتظم، اذ كلما كانت القيمة كبيرة تعني طول محيط الحوض بالنسبة لمساحته لكثرة تعرجه، وتعني تلك القيمة المرتفعة الى قلة انتظام شكل الحوض. ويعبر عن ذلك بالمعادلة الاتية:

$$\text{معامل الاندماج} = \frac{\text{طول محيط الحوض كم}}{\text{محيط الدائرة التي مساحتها مساوية لمساحة الحوض كم}}$$

مثال1:

جد معامل الاندماج اذا كان محيط الدائرة التي مساحتها مساوية لمساحة الحوض 25 كم، ومحيط الحوض 61 كم.

$$\text{معامل الاندماج} = \frac{61}{25} = 2.44$$

5- معامل الوعورة:

يتم الحصول علية من خلال العلاقة بين اعلى وادنى منسوب وطول المحيط، وفق المعادلة الاتية.

$$\text{معامل الوعورة} = \frac{\text{الفرق بين أعلي وادنى منسوب في الحوض}}{\text{طول محيط الحوض}}$$

ثالثاً- خصائص سطح الارض:

1- معدل التضرس:

يعبر معدل التضرس عن مدى تضرس الحوض من خلال العلاقة بين ادنى واعلى نقطة في الحوض، فضلاً عن التعرف على طبيعة انحدار سطحه، ويتم الحصول على معدل التضرس من تطبيق المعادلة الاتية.

$$\text{أ- معدل التضرس} = \frac{\text{تضرس الحوض (الفرق بين أعلى وادنى نقطة في الحوض) /م}}{\text{طول الحوض / كم}}$$

مثال1:

اعلى نقطة في حوض وادي 450 م وادنى نقطة 6 م وطول الحوض 21 كم.

الفرق بين اعلى واخفض نقطة . 450 – 6 = 444 م. تضرس الحوض.

$$\text{معدل التضرس} = \frac{444}{21000} = 0.02$$

كلما كان الرقم كبير يدل على تضرس الحوض.

إن لقيمة معدل التضرس مدلولات مهمة لفهم الوضع الطبوغرافية للحوض المائي من حيث تنوع الإشكال الأرضية ومعدلات التعرية والترسيب وتخمين حجم الرواسب المنقولة .

2- التضاريس النسبية.

تبين العلاقة بين تضرس الحوض بالمتر ومحيطه بالكيلومتر. ويكون وفق المعادلة الاتية.

$$\text{التضاريس النسبية} = 10 \text{ x } \frac{\text{تضرس الحوض (م)}}{\text{محيط الحوض (كم)}}$$

من الامثلة السابقة يمكن الحصول على التضاريس النسبية.

$$\text{معدل التضرس} = \frac{444}{61} \times 10 = 72.78 \text{ م / كم}$$

رابعاً- المقاطع الطولية للأودية :

يمثل المقطع الطولي القوس الذي يحدد انحدار المجرى الرئيسي على طول امتداده من المنبع إلى المصب، وإن لشكل المقطع الطولي مدلولات مهمة كما إن شكل المقطع الطولي للنهر يرتبط بعدة عوامل مهمة وهي بشكل مختصر واساسي:

1-نوع الصخور ودرجة صلابتها.

2-الحركات الأرضية.

3-الفعل التعروي للمياه الجارية.

4- المرحلة الجيومورفولوجية.

وتختلف اشكال المقاطع الطولية تبعا للمرحلة التي يمر بها فضلاً عن الظروف الجيولوجية وهي كما موضحة في ادناه:

1-تمتاز المقاطع الطولية في مرحلة الشباب بانحدارها الحاد والواضح .

2-تمتاز المقاطع الطولية في مرحلة النضج بالانتظام الانحدار.

3-المقاطع الطولية في مرحلة الشيخوخة بكونها مقعرة قليلة الانحدار .

4- المعامل الهبسومتري (Hypsometric Index):

$$\text{المعامل الهبسومتري (Hypsometric Index)} = \frac{\text{الارتفاع النسبي}}{\text{المساحة النسبية}}$$

(النسبة بين ارتفاع أي خط كنتوري مختار إلى أقصى ارتفاع في الحوض)

(النسبة بين المساحة المحصورة بين أي خط كنتوري ومحيط الحوض إلى المساحة الكلية لنفس الحوض)

خامساً- خصائص الشبكة المائية:

1- **الكثافة التصريفية** (Drainage Density)

$$\text{الكثافة التصريفية} = \frac{\text{طول المجاري المائية بجميع رتبها / كم}}{\text{مساحة الحوض / كم 2}}$$

2- **التكرار النهري** (Stream Frequency)

$$\text{التكرار النهري} = \frac{\text{تعدد المجاري المائية بجميع رتبها}}{\text{مساحة الحوض / كم } ^2}$$

3. **رتبة النهر** (Stream Order).

وتعني مركز النهر أو المسيل المائي بالنسبة لبقية المجاري المائية في نفس الحوض ، وحسب منهاج ستريلر تسمى المجاري التي لا تصب فيها أية مجاري مائية بمجاري الرتبة الأولى ، في حين تنتمي الى الرتبة الثانية المجاري الناتجة عن التقاء مجريين أو أكثر من الرتبة الأولى وهكذا.

4. **نسبة التشعب النهري** (Bifurcation ratio).

$$\text{نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد الأنهار من رتبة معينة}}{\text{عدد الأنهار في الر تبة التالية}}$$

5. **معدل النسيج الحوضي** (Texture Ratio).

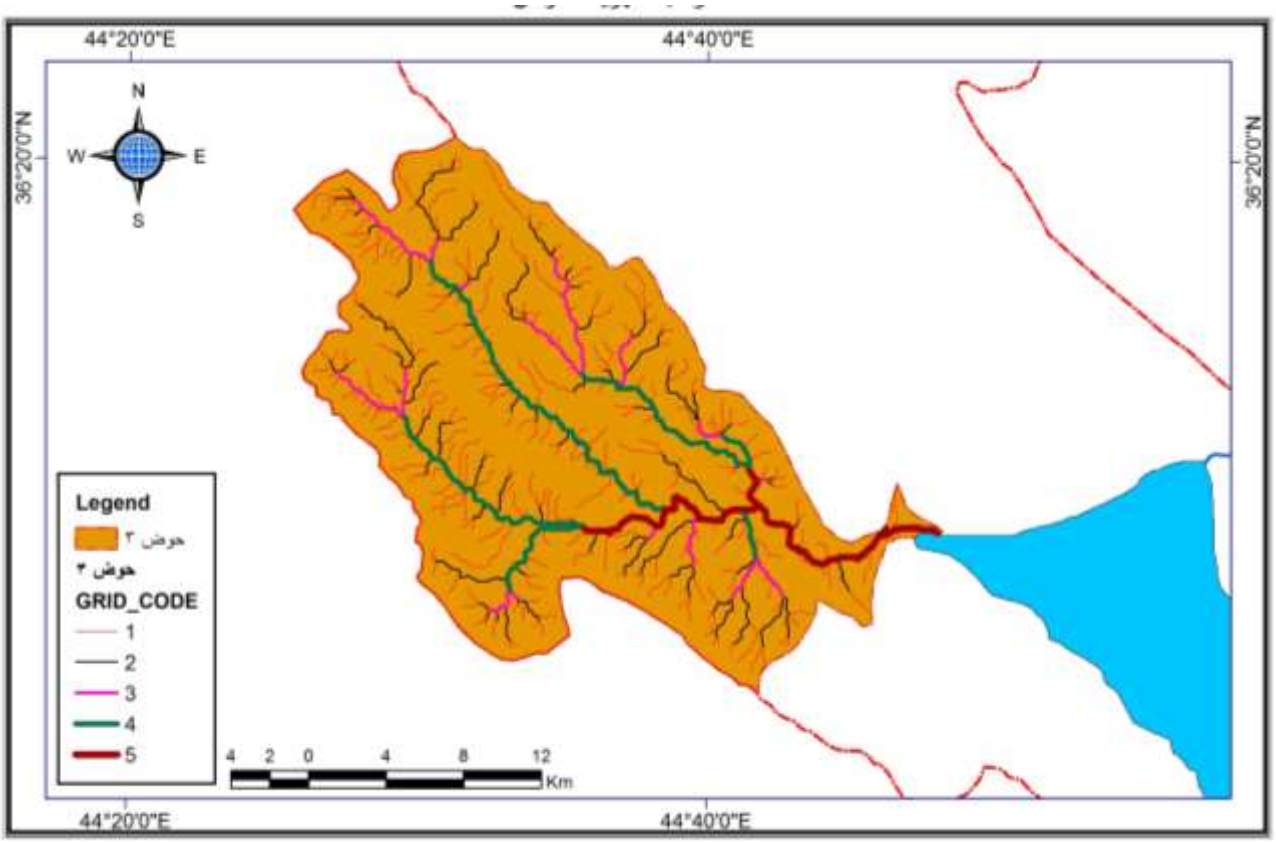
$$\text{معدل النسيج الحوضي} = \frac{\text{مجموع النتوءات البارزة في أي خط كنتوري في الخوض المائي}}{\text{طول محيط الحوض نفسه}}$$

6. **معدل النسيج الإقليمي** (The Weighted mean value).

$$\text{معد النسيج الاقليمي} = \frac{\text{مجموع (المساحات الحوضية × معدلات النسيج ألحوضي)}}{\text{مجموع المساحات الحوضية}}$$

وبعد أن أكملنا الخصائص المورفومتريه نعود الآن إلى تصنيف الأنهار حسب رتبتها، بحيث حددت الشبكات المائية بجميع رتبها حسب منهاج كل من هورتون وشوم وستريلر. بحيث وصل بين التعرجات المتتابعة في خطوط الارتفاعات المتساوية باتجاه المنابع، ثم صنف المجاري المائية المتشكلة حسب الرتبة وفقا لمنهاج ستريلر.

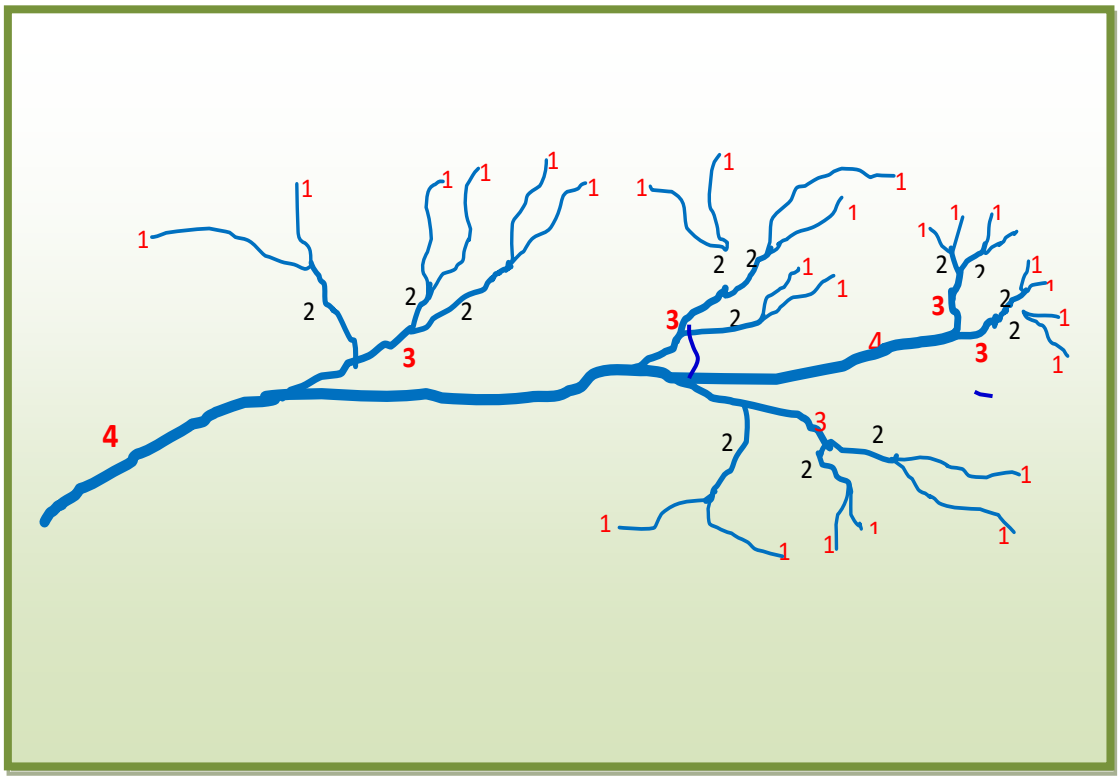
خريطة مراتب الأنهار



تصنيف الانهار تبعاً لمراتبها بموجب دليل هورتون. River Orders.

كلما زادت مرتبة النهر فان من المتوقع ان تكون كمية المياه فيه كبيرة بسبب الروافد التي تغذية. و بعد عدة محاولات جرت لتصنيف الانهار تبعاً لمراتبها من لدن عدد من العلماء، يعد الدليل الذي وضعه هورتون Horton. من بين اهم وابسط تلك التصانيف التي وضعت وتم اعتمادها، اذ قام هورتون بتصنيف الانهار الى مراتب وهي كالاتي:

شكل (23) يوضح المراتب النهرية



المصدر: د. امير محمد الدليمي، محاضرات في الجيومورفولوجيا علم اشكال سطح الارض.

1. **انهار المرتبة الاولى، وهي الانهار التي ليست لها اية روافد.**
2. **انهار المرتبة الثانية، وهي الانهار التي تصب فيها انهار المرتبة الاولى فقط.**
3. **انهار المرتبة الثالثة، وتنشأ هذه الانهار من ارتباط الانهار التي تعود الى المرتبة الثانية وهكذا.**

سادساً– تصنيف الأنهار تبعا لنمط التصريف Drainage Pattern.

تأخذ شبكة التصريف النهري لأية منطقة شكلا خاصا يعرف بنمط التصريف وهو الذي تبدو فيه مجاري ووديان الأنهار عندما ترسم على خارطة تلك المنطقة. ومن الطبيعي أن لا يكون وضع الشبكة النهرية هذا اعتباطيا بل انه يكون نتيجة للعلاقات بين نوعية المناخ السائد وطبيعة التضاريس وكذلك نوعية الصخور وبنيتها. وبذلك أمكن تقسيم أنماط التصريف النهرية إلى:

1– نمط التصريف النهري الشجري Dendritic

يرتبط وجود هذا النمط من التصريف بالمناطق التي تكون صخورها متجانسة وتكون على الأغلب ذوات طبقات صخرية أفقية الامتداد أو تميل ميلا بسيطا. كما ويتصف السطح فيها بأنه ذو تضاريس واطئة كأن يكون سهلا أو سطح هضبة. وتبدو الأنهار في هذا النمط وكأنها تفرعات أغصان الأشجار. وتختلف كثافة التفرغ النهري في هذا التصريف تبعا لدرجة صلابة الصخور ومساميتها وكذلك لنوعية المناخ إذ تزداد كثافة التفرغ كلما كانت الصخور ذوات صلابة قليلة كما هي الحال في الصخور الرسوبية في حين يقل التفرع في مناطق الصخور النارية الصلبة المقاومة. وتزيد درجة التفرع أيضا مع زيادة كمية التساقط وتقل بقلته.

2– نمط التصريف المستطيل Rectangular :

تعتبر المفاصل مناطق ضعف في التكوين الصخري لأية منطقة من المناطق حيث تحاول الوديان النهرية أن تثبت امتداداتها فوق مناطق الضعف تلك، ويحدث أن تأخذ المفاصل في المنطقة نظاما متعامدا ينعكس بدوره على شكل التصريف حيث تلتقي الأنهار مع بعضها بزاوية قائمة تقريبا.

3– نمط التصريف التكعيبي Trellis:

يتطور نمط التصريف النهري التكعيبي فوق المناطق ذوات البنيات الالتوائية التي تكون في مرحلة النضج من الدورة الجيومورفولوجية، حيث تثبت الوديان النهرية الرئيسية نفسها فوق المناطق الصخرية اللينة. وتتصل بهذه الوديان روافد عديدة بشكل متعامد تقريبا يكون بعضها موافقا في اتجاهه مع اتجاه الميل الأصلي للصخور ويكون البعض الأخر معاكسا لاتجاه ذلك الميل.

4– نمط التصريف المدور (الدائري) Annular:

يرتبط وجود هذا النمط فوق الجهات التي تكون بنيانها قبابية وفي مرحلة النضج من الدورة الجيمورفية حيث تتعاقب الطبقات الصخرية المختلفة في درجة الصلابة وتحيط كلها بالمركز الذي يتكون من صخور نارية متبلورة. تثبت الأنهار الرئيسية وديانها فوق مناطق الصخور اللينة الدائرية الامتداد وتلتقي بها روافد تنبع من الحافات المرتفعة التي تمثل الصخور الأكثر صلابة.

5– نمط التصريف النهري الإشعاعي Radial:

يمثل هذا النمط من التصريف فوق أنواع مختلفة من التضاريس إذ يظهر فوق المخاريط البركانية وفوق القباب التي تكون في مرحلة الشباب وكذلك على الدلتا وات والدالات المروحية. وتتباعد خطوط التصريف عن بعضها كلما ابتعدنا عن نقطة مركزية مرتفعة.

وتوجد بالإضافة إلى ما تقدم من أنماط التصريف أنماط أخرى ذوات صبغة محليه على الأغلب مثل التصريف المركزي حيث تلتقي خطوط التصريف مع بعضها في منخفض مركزي كما في مناطق الحفر البالوعيه والفوهات ألبركانيه و بقية الأشكال الحوضية، ونمط التصريف المتوازي الذي يوجد في العادة في المناطق التي تمتد فيها المجاري على شكل مسافات منتظمة أو بشكل متوازي كما في مناطق الركام الجليدي.

التعرية EROISN .

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، و لا سيما التي تقع قرب ضفاف الانهار او سواحل البحار. 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.

❖ 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.

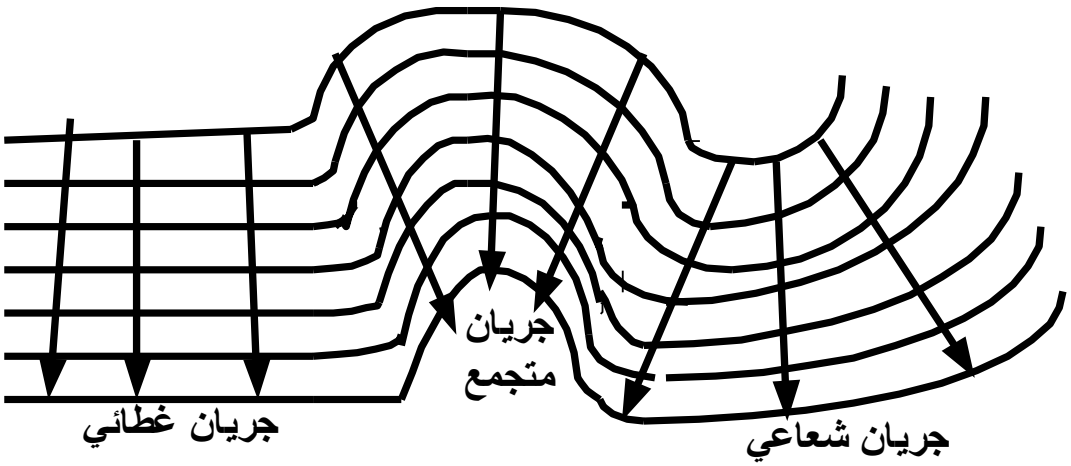
2- نوع التكوينات السطحية صلبة أم هشة.

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 .

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.

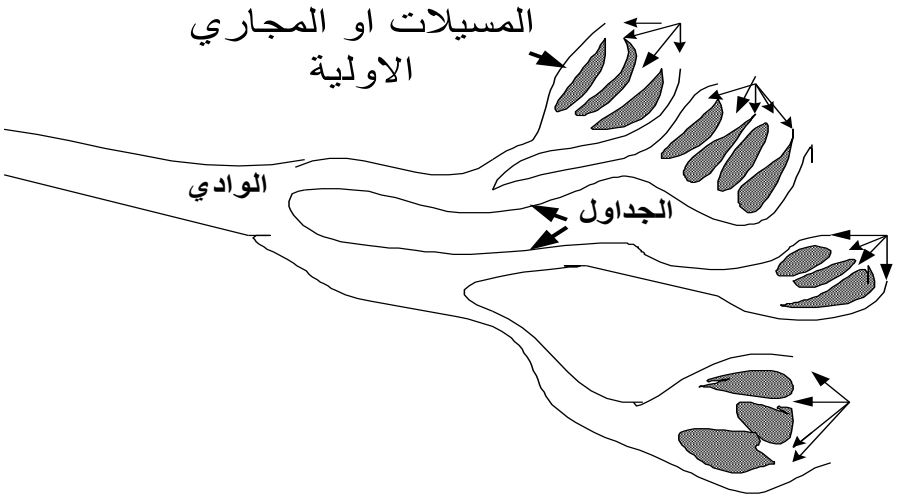
ثالثا- التعرية الغطائية(الانجراف الصفيحي):

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.

رابعا- تعرية المسيلات المائية (Rills Erosion)

تنتهي بعض المناطق المنبسطة التي يحدث فيها جريان غطائي بانحدار اكثرميلآ 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]

سادساً- 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(4-3) 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:

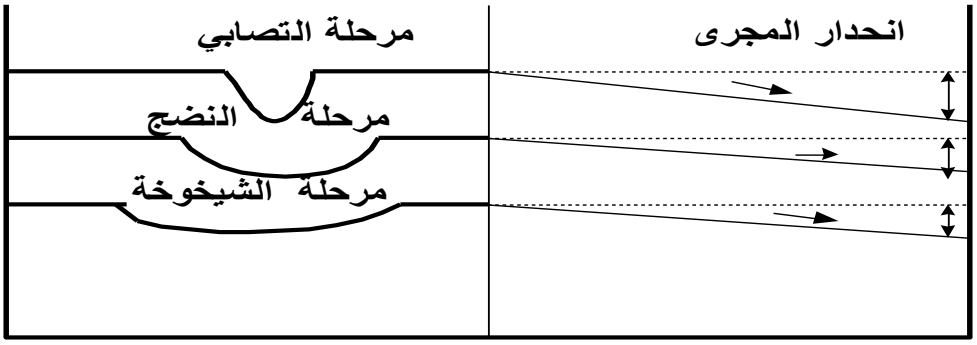
يعد وادي النهر مسرحا لعملياته المختلفة من تعرية وار ساب والتي يترتب عليها تكون العديد من الإشكال الأرضية، ويعتمد ذلك على كمية التصريف وطبيعة تكوينات المجرى وانحداره، لذا تتباين العمليات النهرية من فترة لأخرى ومن مكان لاخرضمن المجرى من منبعه الى مصبه، وقد تطرق وليم موريس ديفز الى ذلك وقال أن النهر يمر 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 اذ يقل انحداره ويتسع مجراه فتقل سرعة الجريان والتعرية ويزداد الترسيب فتكثر الجزر والألتوات، لذلك يكون مجرى النهر مختلف عن ماعليه في اعلاه ووسطه من حيث الشكل والانحدار والمظاهر، شكل رقم(4-4).

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



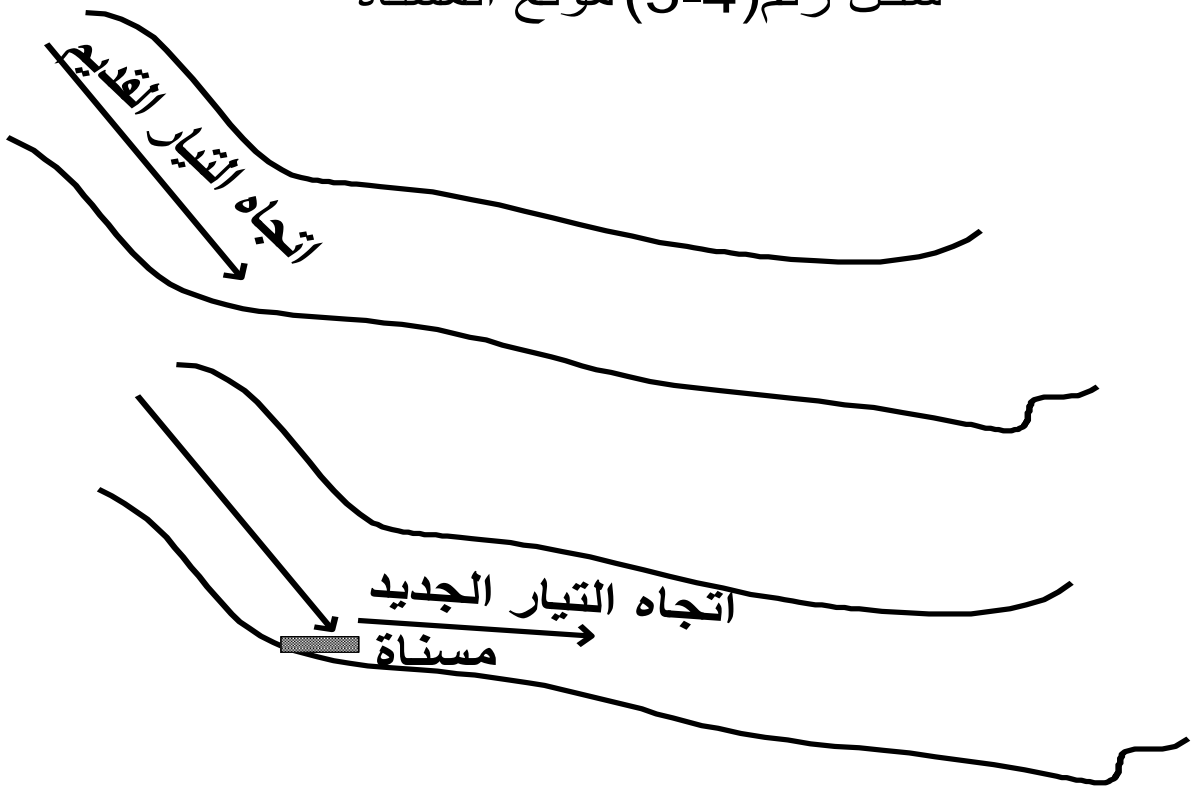
ولغرض الحد من آثار التعرية النهرية ومخاطرها يمكن اتخاذ بعض الإجراءات منها ما يأتي:

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.

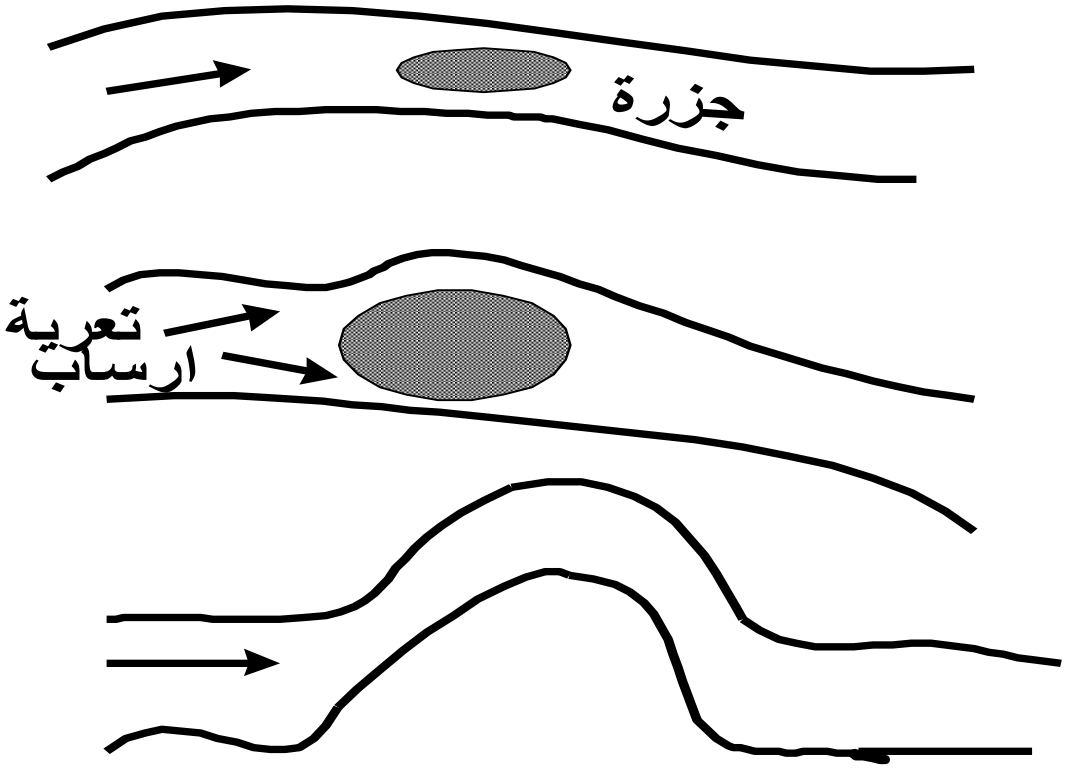
2- عمل مسنات صخرية او كونكريتية أمام المناطق التي تتعرض للتعرية لابعاد التيار عنها، ويجب ان يكون وفق قياسات دقيقة من حيث امتداد المسنة في المجرى والزاوية التي تتخذها بالنسبة للضفة التي تمتد منها لتجنب تحول التيار الى الضفة الثانية فيعمل على تعريتها في حالة عدم دقة عمل تلك المسنات والتي تكون مهمتها الأساسية 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



❖ 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:

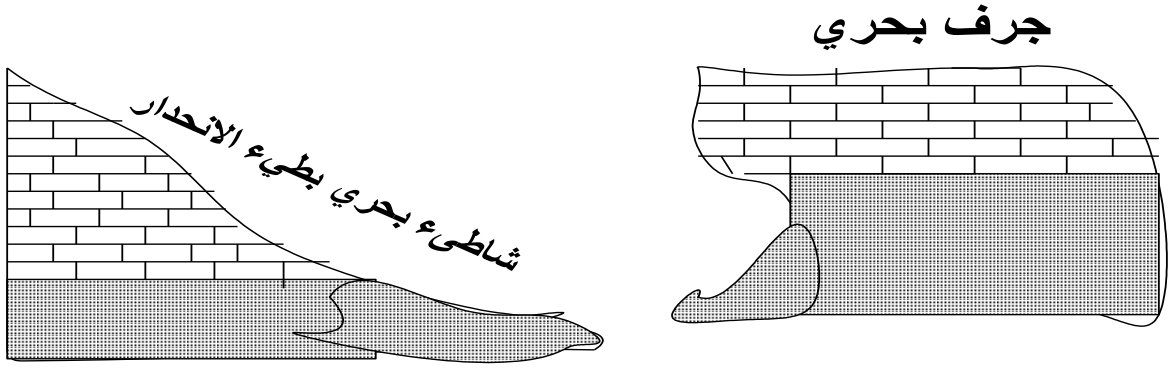
ينتج عن اصطدام الأمواج بالشواطئ انضغاط الهواء الموجود أمامها في الشقوق والفواصل التي تتضمنها مكونات السواحل وخاصة الطبقات الصخرية التي تتضمن كسور وفواصل وفوالق، حيث تعمل الأمواج على دفع الهواء بقوة كبيرة وبسرعة نحو الشاطئ فيدخل في الشقوق والفواصل والكسور وبعد تراجع الموجة السريع ومن ثم الهواء يحدث صوت 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، و 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(4-7).

شكل رقم (4- 7) سواحل شديدة وبطيئة الانحدار.

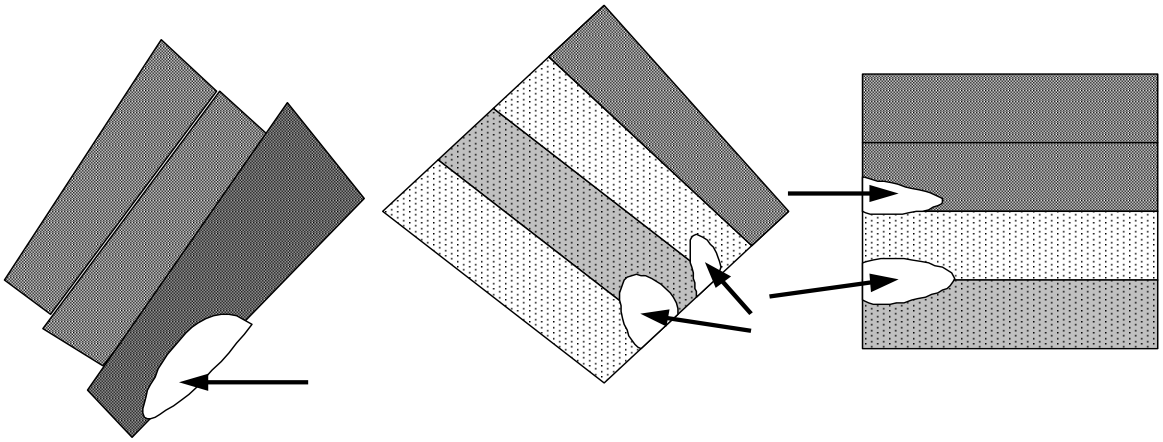


2- اتجاه الموجة نحو الشاطئ، تؤثر الأمواج التي تتجه بصورة عمودية على الشواطئ اكثر من التي تكون بشكل مائل، كما يكون التأثير كبيرا في السواحل المفتوحة أمام عمل الأمواج، أي خالية من التعرجات والمعوقات التي تحد من قوة الأمواج.

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 (4-8) 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 احياناً 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.

7- التعاقب الطبقي في بنية تكوينات السواحل، اذ 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.

❖ 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.

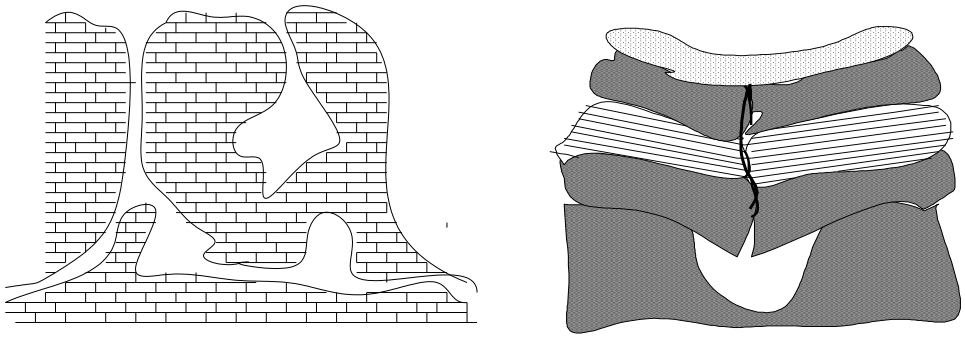
كما تعد من المواقع السياحية المهمة في مناطق عدة من العالم مثل لبنان توجد مغارة جعيتا وفي ولاية كنتكي الأمريكية كهف ماموث والذي كان سببا في أنشاء منتزه قومي في تلك المنطقة مساحته 240كم^2 ، ويتكون الكهف من خمس مستويات يصل عمقها الى 110م، ويجري في المستوى الأخير منه نهر باطني يسمى Echo والذي يصب بعد خروجه 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. 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 ومن المشاكل الأخرى الناتجة عن المياه الجوفية هو عند سحب كميات كبيرة من تلك المياه الموجودة 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 6و7م والذي أدى الى هبوط بعض العمارات بحيث انطمر الدور الاول وتحول مدخلها الى الدور الثاني.

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(4-9).

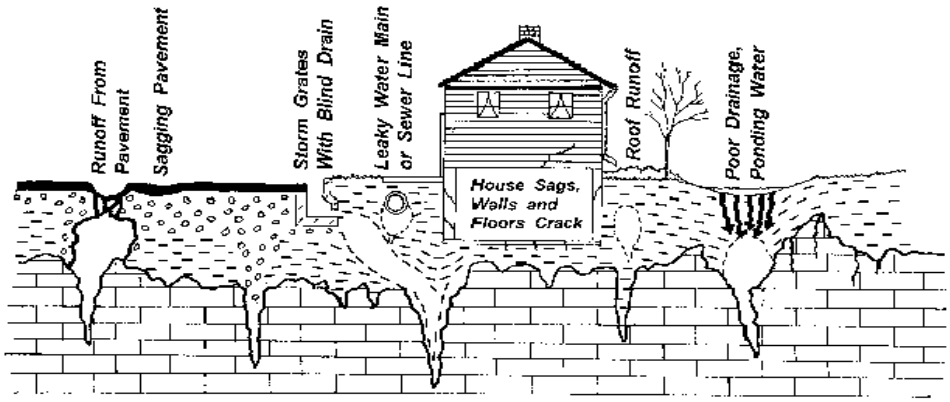
وهذا ما حدث في أرمينيا عام 1939 عندما كان أحد الفلاحين يقود جراره فوق إحدى الفجوات فهبطت به الى عمق 52م، وعليه تحتاج مناطق الصخور الجيرية الى دراسة مستفيضة لأنها تكون صلبة في مظهرها ألا أنها متآكلة من داخلها.[10]

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(4-9) انكسار وهبوط الطبقات الواقعة فوق فجوات. شكل رقم(4-10أ) ممرات وفجوات في الصخور الجيرية



شكل رقم (10ب) هبوط مبنى



❖ 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.

❖ 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.

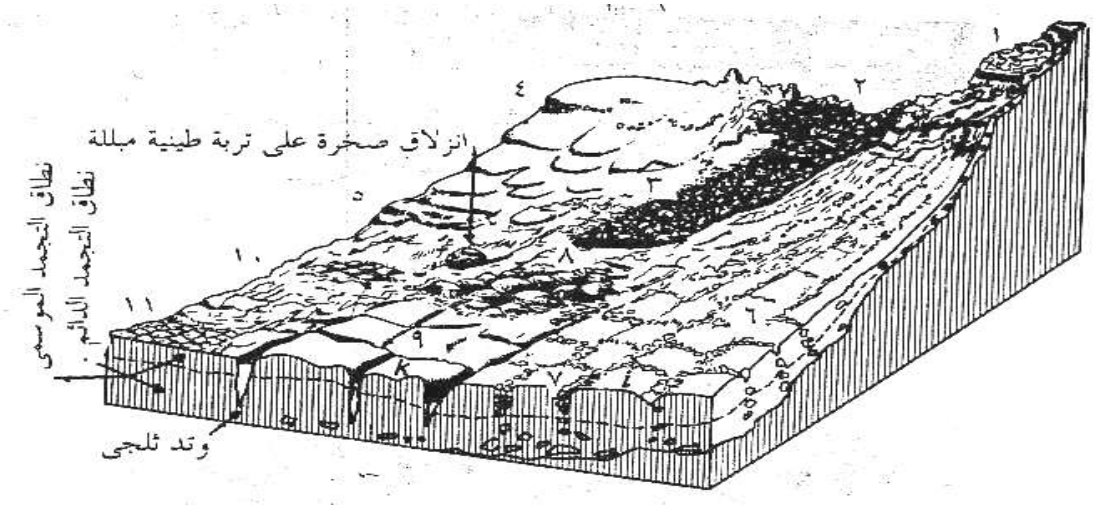
وقد تؤدي التعرية المستمرة في الحلبات المتقاربة الى تأكل مساحات كبيرة من تكوينات السفوح العليا للمرتفعات ذات القمم المنفردة فتتحول الى حافات جبلية حادة وقمم هرمية مدببة من الأعلى.[11]

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(4-11).

شكل رقم(4-11) التعرية الجليدية



❖ 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 لا تكن 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، اذ لم تكن تلك المظاهر وليدة الظروف المناخية الحالية بل تعود الى الأزمنة الجيولوجية القديمة.

وقد أجريت عدة دراسات لتقسيم الكرة الأرضية الى أقاليم مناخية الا ان تداخل تلك الأقاليم وظهور مناطق انتقالية

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]

❖ قياس التعرية:

يعد 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 3م $\frac{1}{4}$

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.

❖ دراسة المواقع الملائمة لإنشاء مشاريع السدود والخزانات

أولا- أنواع السدود:

أ- السدودد على الأنهار وأودية الجافة لتؤدي غرضا معينا، ويستخدم في بناءها مواد متنوعة، وعليه تكون السدود على أنواع سواء من حيث الغرض الذي وجدت من اجله، أو من حيث المادة المستخدمة في بناءه وكما يأتي:

أ- السدود حسب الغرض الذي أقيمت من اجله.

1- سدود تقام للتحكم في المنسوب المائي مثل السدود المقامة على الأنهار لرفع مناسيب المياه أمامها لكي تدخل في الترع الجانبية والقنوات أمام السد، أو للمحافظة على مستوى معين لغرض الملاحة.

2- سدود تقام على مجاري الأنهار الشديدة الانحدار للحد من سرعة الجريان وشدة التعرية.

3- سدود لأغراض تخزين المياه في مواسم الفيضان للتخلص من أثارها.

4- سدود لتوليد الطاقة الكهربائية من خلال الفرق في منسوب المياه قبل السد وبعده فتعمل على تدوير التوربينان.

5- سدود لرفع مناسيب المياه الجوفية في مناطق معينة من خلال رفع مناسيب المياه الجارية فتتسرب إلى التكوينات المحيطة متخذة مستوى المياه الجارية.

6- سدود متعددة الأغراض، أي تقام لتؤدي عدد من الخدمات المذكورة في الفقرات السابقة.

احد السدود على الأنهار

ب- أنواع السدود حسب المواد المستخدمة في بناءها وشكلها.

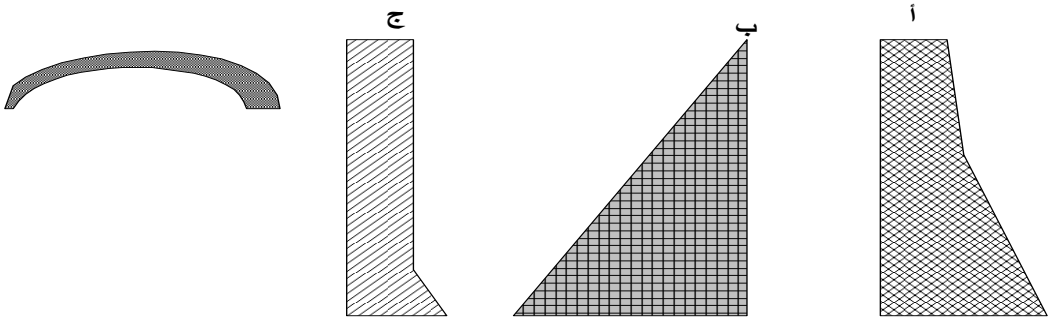
1- سدود بنائية، وهي على أنواع منها ما يأتي:

أ- سدود تثاقلية، وتتكون من خرسانة عادية وفي وضع مستقيم اومنحني الشكل حسب طبيعة تخطيطها وانسجاما مع الظروف الطوبوغرافية في المنطقة التي تقام فيها، إما قطاعها فيكون شبه منحرف، شكل رقم(7-1أ) ويفضل إنشاء هذا النوع من السدود فوق صخور صماء صلبة.

ب- سدود ذات أكتاف أو حائطية، ويتكون هذا النوع من جزأين الأول حائط من الخرسانة الكونكريتية المسلحة مائلا إلى الوراء والذي يقع تحت تأثير القوى الناتجة عن ضغط المياه، إما الجزء الثاني فهو أكتاف أو حيطان رأسية عمودية على الحائط السابق لمواجهة الضغط المسلط عليه ونقلها إلى الأساسات، ويعد هذا النوع اقل كلفة من النوع السابق، شكل رقم(7-1ب).

ج- سدود قبوية، وتتكون من حائط خرساني محدب باتجاه منبع النهر لتوزيع القوى المؤثرة على السد على امتداد قطاعه وعلى جانبيه، ويحتاج هذا النوع إلى تكوينات صخرية صلبة، شكل رقم(7-1ج).

شكر رقم(7-1) أنواع السدود البنائية



2- سدود ترابية، وتقسم إلى نوعين:

أ- سدود إملائية ترابية.

ب- سدود إملائية ركامية.

ثانيا- مواقع ومواضع السدود والخزانات على الأنهار والأودية الجافة.

1- مواقع ومواضع السدود والخزانات على الانهارومشاكلها :

أ- المواقع الملائمة لإنشاء السدود والخزانات.

يحتاج إنشاء السدود والخزانات وتحديد المواقع والمواضع الملائمة لها إلى دراسات واسعة ودقيقة في مجالات مختلفة والتي تتطلب تحري موقعي مثل الوضع الجيولوجي والجيومورفولوجي الهيدرولوجي والبيئي، إذ يتوقف نجاح وفشل السد على مدى دقة تلك المعلومات، ويمكن الاستعانة بخرائط طوبوغرافية للتعرف على الوضع التضاريسي وطبيعة الانحدارات في تلك المنطقة، كما يتم التعرف على نوع التكوينات السطحية وتحت السطحية، ومن خلال تلك المعلومات يمكن تحديد الموقع اللائم الذي يجب إن تتوفر فيه الشروط الآتية:

1- إن يكون الموقع ملائم للخزن حوضي الشكل ومحكما وذات حجم مناسب لاستيعاب كمية المياه المتوقع خزنها.

2- وجود ممر في الحوض يخترق قاعدته الصخرية الصلبة يساعد على بناء السد فوقه بكلفة اقتصادية مناسبة.

3- يكون الموقع ملائم لإنشاء قناة تصريف تحمل المياه الزائدة خارج الخزان عند ارتفاع مناسيبها إلى مستوى يفوق طاقة خزنه.

4- توفر مواد أولية تستخدم في بناء السد.

5- التأكد من العمر الزمني للخزان من خلال معرفة كميات الرواسب التي يجلبها النهر سنويا إلى الخزان، فكلما كانت كميات كبيرة تؤدي إلى تخفيض القدرة الاستيعابية للخزان حتى يصل إلى مستوى يكون الخزن فيه محدود وغير مفيد.

6- يفضل إن يكون الخزان في موقع ضيق وعميق للحد من التبخر ونمو الأعشاب والنباتات في الجهات الضحلة منه، كما تقل المساحة التي يشغلها الخزان، حيث يترتب على اتساعها زيادة ملوحة المياه والتعرض إلى التبخر ونمو النبات.

7- دراسة نظام التصريف النهري وطبيعة الامطارالساقطة على حوضه لمعرفة نوع الفيضان الذي يشهده والتصريف الاعتيادي، أي التعرف على أعلى موجة فيضان واقل تصريف، ومدى تردد تلك الفيضانات، والتي على ضوءها يتم تحديد نوع السد الملائم بحيث يستوعب أعلى موجة فيضان.[4]

وكذلك الحال في الأودية الجافة فيتم التعرف على النظام المطري واعلي موجات سيل تعرض لها.

8- إن يكون انحدار المجرى في منطقة بناء السد بطيئا، ويفضل إن يكون ميل الطبقات باتجاه المنبع للحد من ضغط المياه على السد الذي يرتفع بزيادة الانحدار، فضلا عن اندفاع الرواسب نحو جسم السد والتي تزيد من الضغط عليه فتشكل خطرا ينتج عنه أضرار كبيرة .

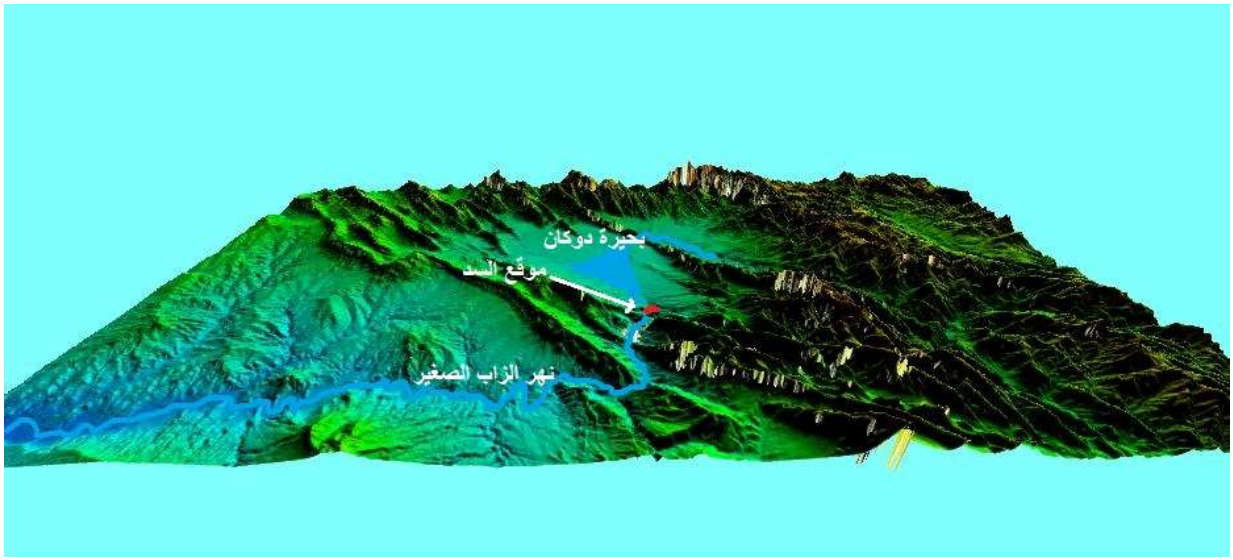
9- قلة الآثار الناتجة عن قيام السد التي تتعرض لها المناطق المحيطة به، حيث ينتج عن ارتفاع مناسيب المياه فيه ارتفاع منسوب المياه الجوفية في تلك المناطق، وقد ينتج عن ذلك مشاكل مختلفة يتعرض لها النشاط البشري بأنواعه.

10- إن تكون المنافع المتحققة من إقامة السد في الموقع الذي يتم اختياره تفوق الكلف والخسائر المترتبة على ذلك، كغمر مساحات واسعة من الأراضي الزراعية والمدن والقرى والمشاريع والمنشآت المختلفة.

11- تحديد الهدف الأساسي من إقامة السد لمعرفة مدى ملائمة الموقع له، ففي كثير من الأحيان يرتبط بالسد خزن المياه للتخلص من أخطار الفيضان عند حدوثه وتوليد الطاقة الكهربائية، إلا انه في الواقع يوجد تناقض في تحقيق الهدفين، فإذا كان لغرض التخلص من الفيضان يتم خزن المياه الزائدة عند حدوثه وتفريغها عند انخفاض المناسيب ليكون جاهزا للموجة القادمة، إما إذا كان لغرض توليد الطاقة الكهربائية فيجب الحفاظ على اكبر كمية من المياه في الخزان في منسوب قادر على تدوير التوربينان التي تحتاج إلى قوة مياه كبيرة تندفع من مستوى عال، وعليه يفضل إقامة مثل تلك المحطات على روافد الأنهار وعدم أقامتها على الأنهار الرئيسية.

ب- المواضع الملائمة لإنشاء السدود والخزانات.

بعد اختيار الموقع الملائم لإنشاء السدود والخزانات وفق الشروط المارة الذكر يجري البحث عن أفضل موضع مناسب لإقامة السد وخزن المياه ضمن الموقع الذي تم اختياره، وربما تكون المنطقة غير صالحة لإقامة السد وخزن المياه لما يترتب على ذلك من مشاكل حاضرا أو مستقبلا، ولكل من السد والخزان مطالب معينة تختلف في النوع والبيئة، فالسد يحتاج إلى مساحة محددة ذات خصائص معينة ضمن مجرى النهر ووادية في حين يحتاج الخزان مساحة واسعة من الأراضي الواقعة على جانبي مجرى النهر إذا كان الخزان ضمن وادي النهر والتي تكون ضمن مواصفات معينة، ولغرض التوسع في توضيح تلك الجوانب سيتم تناول كل واحد منهما على حده.



بغية السيطرة على نهرالزاب الأسفل (الصغير) جرت عدة دراسات لإنشاء سد عال على هذا النهر وللاستفادة منه في إغراض الري وتوليد الطاقة الكهرومائية،فقد قامت الهيئة الفنية لمشاريع الري الكبرى المكلفة من قبل مديرية الري العامة في عام 1946 والتي كان يرأسها (مستر هيك) بدراسة أربعة مواقع عند (دربند رانية) قرب قرية (سنكه سر) وانتخب منها(مضيق دوكان) كاحسن موقع لبناء السد حيث وجد إن هذا الموقع يصلح لان يكون أساسا متينا للسد 0 ووضعت التصاميم لمقترحين احدهما (سد ركامي (Rock Fill dam) وأخر من الخرسانة 0

بعد ذلك عهدت وزارة الإشغال والمواصلات في آذار 1949 إلى مؤسسة (كود ولسن) للاشتراك مع سير (وليام هلكرو وشركاءه) بدراسة مقترحات الهيئة الفنية لمشاريع الري الكبرى فايدوا ملائمة موقع (دوكان) لإنشاء سد إما من الخرسانة أو من الحجارة السائبة (ركامي) وأوصوا بإنشائه وكانت مقترحاتهم الأتي-:

1- سد خرساني جداري (Concrete Gravity Dam)

2- سد خرساني مقوس (Concrete. Arch Dam)

3- سد خرساني ذو مساند (Concrete. Buttress Dam)

4- سد من الحجارة (ركامي املائي (Rock fill Dam))

وبعد تأسيس مجلس الأعمار عهد إلى السادة (بني ديكن وشركاءه) كمهندسين استشاريين لمشروع (سد دوكان) على إن

يتولوا مسؤولية وضع التصاميم النهائية للسد و الإشراف على انجازه ، و بعدها جرت دراسات جيولوجية لموقع السد و قد أوصت الشركة التي قامت بذلك بضرورة الاهتمام بإعمال التحشية (grouting) لإملاء الشقوق في الموقع . أنجز الاستشاريون التحريات الشاملة للسد و وضعوا التصاميم و المواصفات لإنشاء سد مقوس في الموقع و تقدم الاستشاريون بذلك إلى مجلس الأعمار سنة

1- مواضع السدود.

إن اختيار الموضع المناسب لبناء السد يحتاج إلى دراسة دقيقة وشاملة وأي خطأ في تلك المعلومات ستكون نتائجها وخيمة وربما تكون سببا في انهيار السد وما ينتج عنه من خسائر مادية وبشرية.

ومن الجوانب المهمة التي تحتاج إلى دراسة مستفيضة ما يأتي:

أ- جيولوجية الموضع:

تعد نوعية الصخور التي يقام فوقها السد الذي يتكون من كتلة كونكريتية ثقيلة الوزن من الجوانب المهمة التي يجب مراعاتها عند اختيار الموضع المناسب، حيث تختلف الصخور في خصائصها الكيميائية والفيزيائية و صلابتها وقوة تحملها، وميل الطبقات وأسطح التطبيق وما تتضمنه من طيات وصدوع وفواصل وتشققات والتي تؤثر جميعها على إقامة السد، وتعد الصخور الجرانيتية والناس من أفضل أنواع تلك الصخور ملائمة لبناء السدود الكبيرة، في حين تعد صخور الطفل والجيرية من الصخور غير الملائمة لقلة صلابتها وقابليتها على الذوبان بالماء.

إما الصخور التي تتضمن تراكيب ثانوية من طيات وكسور وصدوع وفواصل فهي الأخرى غير صالحة لإقامة السدود لماينتج عنها من مخاطر لأنها تسمح للمياه بالتسرب من تحت السد فتؤثر على استقراريته لما يترتب على تسربها من عمليات تعرية وتجوية تعمل على توسيع تلك الممرات المائية الصغيرة بمرور الزمن ومن ثم زيادة كمية المياه المتسربة والتي ينشط عملها وربما تسبب انهيار السد، وكانت هذه أحد الأسباب التي أدت إلى انهيار سد بلدودين في جنوب كاليفورنيا سنة 1963، حيث أدت المياه المتسربة عبر الشقوق إلى حدوث انزلا قات في تلك الشقوق زادت من توسعها وحولتها إلى مسارات لتسرب المياه بكميات كبيرة فازداد عملها الجيومورفولوجي فقلل من صلابة تلك الصخور وقوة تحملها فتعرض السد إلى الانهيار، وهي نفس الأسباب التي أدت إلى انهيار سد زيزون على نهر العاصي في سوريا عام في حزيران 2002 والذي تسبب في وفاة أكثر من 20 شخص وتدميراكثر من مائة دار سكنية والعديد من المنشآت والمشاريع والأراضي الزراعية، وعليه في حالة الاضطرار إلى إقامة السد فوق مثل تلك المواضع تكون في وضع مواز لخطوط والانكسارات.[5]

وفي حالة وجود تكوينات هشة أو ضعيفة فوق صخور القاعدة الصلبة فيجب أزالتها من موضع السد لكي يرتكز على الصخور الصلبة.

ومن الجوانب الأخرى التي تؤثر على السد تعاقب تكوينات صلبة وضعيفة أو هشة والتي تسهل عملية تسرب المياه من خلالها ومن ثم تعرضها إلى عمليات التجوية والتعرية فتبقى الصلبة معلقة لإزالة التي تحتها، وعند إقامة السد فوقها يتعرض إلى الهبوط، أو عند حفر خندق بالقرب منها فيؤدي إلى انزلاقها بسبب ثقل السد، وقد تؤدي المياه المتسربة إلى تسهيل عملية انزلاق الطبقات الصلبة التي تعلو الهشة لإضعاف تماسكها.

ومن الصخور التي تؤثر على السدود المتحولة التي تكون متورقة سهلة الانزلاق لذا يفضل عدم قطعها باتجاه مجرى النهر لأنه يسهل تسرب المياه إلى داخل الطبقات الصخرية فيقلل من قوتها فيسبب مشاكل للسد، ويفضل قطع تلك الصخور بشكل موازي للسد.[6]

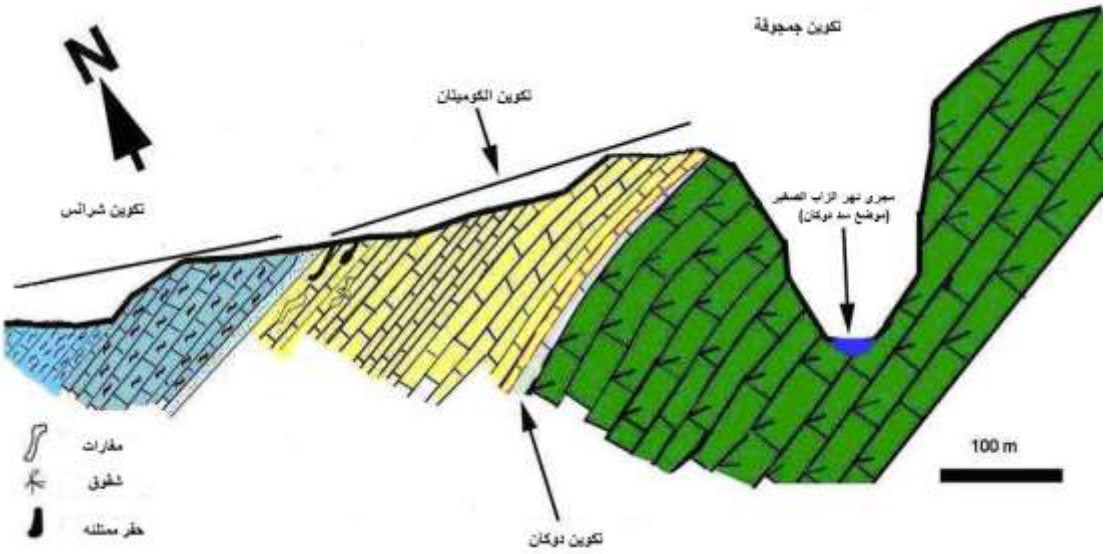
ولمعالجة التسرب الذي يحدث تحت بعض السدود تتبع الإجراءات آلاتية:

1- حفر خنادق عميقة أمام السد وتملأ بمواد تمنع التسرب، اوحقن المنطقة التي تتعرض إلى التسرب بمادة أسمنتية أو إسفلتية إذا كانت محدودة المساحة.

2- حفر خنادق وراء السد تقوم بتصريف المياه المتسربة من تحت السد إلى النهر.

3- إقامة ستائر أو حواجز عمودية تحت السد والخزان على شكل جدران مستعرضة أو ركائز من الأسمنت اوالقير.

مقطع جيولجي عرضي يوضح جيولوجية السد (دوكان)



ب- منسوب المياه الجوفية.

يؤدي وجود المياه الجوفية بمناسيب مرتفعة في التكوينات من تربة وصخور إلى حدوث انزلا قات وهبوط، وقد تحدث تلك العمليات عند ارتفاع وانخفاض مناسيب المياه بشكل مفاجئ ، وكان ذلك من الأسباب التي أدت إلى انهيار سد فايونت في إيطاليا عام 1963 والذي يعد من أسوء كوارث انهيار السدود في العالم لما نتج عنه من خسائر بشرية ومادية ذهب ضحيتها 2600 شخص.[8]

ج- الضغط المسلط على السد.

يتعرض السد إلى ضغط من مصادر مختلفة منها مايأتي:

1- قوة ناتجة عن وزن حائط السد.

2- قوة ضغط المياه أمام السد والتي يزداد ضغطها مع زيادة انحدار ارض الخزان نحو السد.

3- قوة ضغط الترسبات التي تجلبها المياه وتترسب اكبر كمية منها عند السد.

4- قوة ضغط الثلوج في المناطق الباردة والتي يكون اكبر من قوة ضغط المياه.

5- ضغط ناتج عن الزلازل والبراكين والحركات الأرضية البطيئة.

6- ضغط ناتج عن المياه المتسربة من أسفل وجوانب السد.

د-المناخ السائد في موقع السد.

يؤثر المناخ على السد وخاصة عندما يكون التطرف الحراري كبير، إذ تعمل الحرارة في ارتفاعها وانخفاضها على أحداث تشققات في جسم السد وخاصة الجهة الأمامية منه، وتزداد مخاطر ذلك عندما تسهم الحرارة المنبعثة من باطن الأرض التي يقع فوقها

السد في انتشار الشقوق في أسفل السد فتسمح بتسرب المياه إلى جسم السد فتعمل على إذابة وتأكل بعض المواد التي يتكون منها فتقلل من قوته ومتانته ، فضلا عن التأثير الناتج عن التساقط بانواعه.

وقد تتظافر عدة عوامل في التأثير على السد فتؤدي إلى انهياره ، وهذا ما حدث لسد كولوميت المشيد على نهر بالموكويك والذي انهار عام 1972 فتسبب في تدمير 4000 دار سكنية ومقتل 118 شخصا مع خسائر مادية بلغت 55 مليون دولار، عندما تعرض الى موجة فيضان عالية بلغت 6م وبسرعة 8كم/ ساعة نتيجة لسقوط الامطار وذوبان الثلوج، كما كان السد ذو خصائص سيئة منها ما يأتي:

1- انخفاض الطاقة الاستيعابية للخزان أمام السد.

2- عدم وجود قناة لتصريف المياه الزائدة عن طاقة السد.

3- تسرب كميات كبيرة من المياه أسفل السد والتي أضعفت استقراريته.

4- تشبع جسم السد بالماء مما أدى إلى قلة تماسك مكوناته واضعاف قوته ومتانته.

5- قلة تماسك مكونات السد الحاوية على تربة عضوية(فحمية) وطينية وطفل والتي تحولت إلى مادة طينية غير متماسكة عند تشبعها بالماء.[10]

2- مواضع الخزانات.

إن اختيار الموضع الملائم للخزان يتطلب مراعاة ما يأتي:

أ-الوضع الطوبوغرافي.

إن خزن المياه يحتاج إلى منطقة حوضية الشكل تحيط بها حافات مرتفعة من معظم جهاتها وتكون ذات انحدارات معتدلة للحد من حدوث انهيارات وانزلا قات وهبوط وتدفق طيني، وعمليات تعرية وتجوية في تلك الحافات تنعكس أثارها على خزن المياه، كما تحدد المواضع المنخفضة والأودية التي تحتاج إلى إنشاء سداد ترابية على ارتفاع لا يسمح للمياه بعبورها عند أقصى طاقة استيعابية للخزان، كما تمنع انتشار المياه على مساحة واسعة خارج المنطقة المرشحة للخزن وتؤدي إلى زيادة عمق مياه الخزان ورفع طاقته الاستيعابية.

وتعد المناطق الخالية من التضاريس المرتفعة كالتلال والهضاب من أفضل المناطق لخزن المياه، فقد يؤدي وجودها إلى تقليل القدرة الاستيعابية للخزان وتساعد على زيادة الترسيب في قاعه، وتكون تلك المظاهر اقل أهمية عندما تكون مواقعها عند أطراف الخزان.

كما تفضل المناطق التي تكون على مستوى منخفض عن المناطق المحيطة بها وذلك لما يترتب على ارتفاع مناسيب المياه في الخزان من اثار سلبية على الأراضي المجاورة بسبب تعرضها إلى ظاهرة النزيز وما ينتج عن ذلك من اثار على الزراعة والعمران خاصة إذا لم تتوفر مشاريع بزل تعمل على نقل تلك المياه الى الانهار والمنخفضات القريبة، وهذا ما حدث في العراق حيث تعرضت المناطق الواقعة شمال بحيرة الحبانية الى تلك الظاهرة فتحولت الأراضي الزراعية الى ملحية، واضطر معظم سكان المنطقة الى السكن عند حافة الهضبة القريبة .

ب- التكوينات السطحية وتحت السطحية.

تؤثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتكوينات السطحية وتحت السطحية على طبيعة خزن المياه ، وتمثل أسطح انفصال تلك التكوينات منطقة ضعف ترتكز فيها عمليات التجوية والإذابة لاختلاف خصائصهما الطبيعية، والتي ينتج عنها تسرب المياه او الاحتفاظ بها، ولزيادة الإيضاح سيتم تناول تلك التكوينات كل على حده:

1- التكوينات السطحية:

تتباين التكوينات السطحية من مكان لاخر وحتى ضمن الموقع الواحد الذي يتم اختياره لخزن المياه يكون بعضها صماء وغير نفيذة وفي جهة اخرى هشة وشديدة النفاذية كالتربة الرملية والحصوية والعضوية، او تتكون من صخور تتضمن تراكيب ثانوية على نطاق واسع كالشقوق والفواصل، حيث تساعد مثل تلك التكوينات على تسرب كميات كبيرة من المياه المخزونة الى باطن الارض، ويكون للتركيب الكيميائي أثرا كبيرا على نوعية المياه نتيجة لتحلل وذوبان بعض المعادن والتي تحدث تغيرا في خصائص المياه، خاصة اذا كانت مركبات حامضية او فحمية فتسبب تلوث المياه، لذا يجب معالجة هذه الحالات اذا كانت محدودة المساحة والسمك اما بإزالتها او طمرها بطبقة من الطين او الحصى او الرمل بسمك لايقل عن 50سم.[11] اما اذا كانت طبقة سميكة وواسعة الانتشار يفضل ترك المنطقة والبحث عن بديل افضل.

كما تكون نفاذية تلك التكوينات من المشاكل التي تواجه عملية خزن المياه عندما تكون عالية لانها ستسمح بتسرب كميات كبيرة منها الى باطن الارض، وإذا كانت على نطاق محدود تعمل الرواسب التي تجلبها مياه النهر على ملء تلك المسامات والشقوق وتتكون طبقة من الرواسب تحد من كمية المياه المتسربة.

وفي حالة وجود طبقة من الصخور الجيرية ذات المسامية والنفاذية العالية فيمكن معالجتها من خلال تغطيتها بطبقة من تكوينات غير نفيذة او حقنها بمواد تزيد من تماسكها وتقلل من نفاذيتها.

2- التكوينات تحت السطحية:

تعد تلك التكوينات ذات أهمية كبيرة في اختيار المواضع الملائمة لخزن المياه ولاتقل أهمية عن السطحية حيث يتأثر خزن المياه بخصائصها من حيث الصلابة والتركيب المعدني والنفاذية، ففي حالة وجود صخور جيرية اوجبسية او ملحية سيترتب عليها مشاكل عديدة خاصة اذا كانت على نطاق واسع ويصعب معالجتها لانها تعمل على تسرب كميات كبيرة من المياه وتسهم في زيادة ملوحتها، وهذا ما حدث في خزان مكملان في الولايات المتحدة والذي كان السبب في فشل المشروع بسبب تسرب المياه المخزونة.

وعليه ان التكوينات السطحية وتحت السطحية تعمل بشكل متضامن وقد تكون تحت السطحية اكثر أهمية اذا كانت السطحية طبقة غير سميكة ونفيذة والتي تحتها سميكة وغير نفيذة.

ومن الجوانب المهمة الأخرى التي تؤخذ بالاعتبار القنوات النهرية المدفونة و المملؤة بالرواسب الضعيفة التماسك والتي ستتعرض الى الإذابة بمرور الزمن فينتج عنها شقوق كبيرة تعمل على تسرب كميات كبيرة من المياه، وكذلك الحال عند وجود فوالق كبيرة مطمورة .[12]

ج- انحدار السطح وميل الطبقات:.

تعد المناطق المعتدلة الانحدار من افضل المواضع الملائمة للخزانات لانها تعمل على تخفيض سرعة جريان المياه نحو السد، وتزداد محاسن ذلك عندما يتوافق معها ميل الطبقات ويكون باتجاه المنبع أي معاكس لاتجاه الجريان والتي تسهم في تخفيف الضغط على السد وزيادة كمية المياه المخزونة لارتفاع مناسيبها أمام السد دون ان تشكل خطرا عليه.

كيفية تخطيط المشاريع الهندسية

أولا- تخطيط المراكز الحضرية:

ان تخطيط المراكز العمرانية يعتمد على تحديد معالم الموضع المختلفة والتي تؤثر على تخطيطها من خلال ما تتضمنه من تضاريس وطبيعة مكوناتها السطحية وتحت السطحية، والعمليات الجيومورفولوجية وانحدار السطح والانشطة التي تمارس في تلك المواضع، حيث يتم وضع المخططات الاساسية لاستعمالات الارض اعتمادا على تلك المعطيات.

ولغرض التوضيح يجب ان نفرق بين مصطلحي الموضع(Site) والموقع(Location) حيث يعني الموضع المساحة التي يشغلها العمران او المشروع او المنشأة فعلا والذي يحدد على أساس المعطيات التي مر ذكرها، اما الموقع فيعني موقع العمران او المشروع بالنسبة للمناطق المحيطة بالموضع ا والواقعة خارج حدود المنطقة المستغلة، أي الموقع بالنسبة للظواهر الطبيعية والبشرية المحيطة بالعمران أو المشروع.

وتخطيط المراكز العمرانية يتأثر بعدة عناصر هي:

1- التضاريس

تعد الحقائق التضاريسية او الطوبوغرافية ذا أهمية كبيرة في إبراز التلائم والتناسق في شكل البناء وامكانية التوسع الأفقي بالاتجاهات الملائمة لانتشار العمران.

اما في حالة عدم توافق شكل المدينة ونموها وطبيعة استعمالاتها مع ما يمليه الواقع الطبيعي في المكان الذي تقام عليه تكون المدينة غريبة عليه وسيترتب على ذلك الكثير من المشاكل.

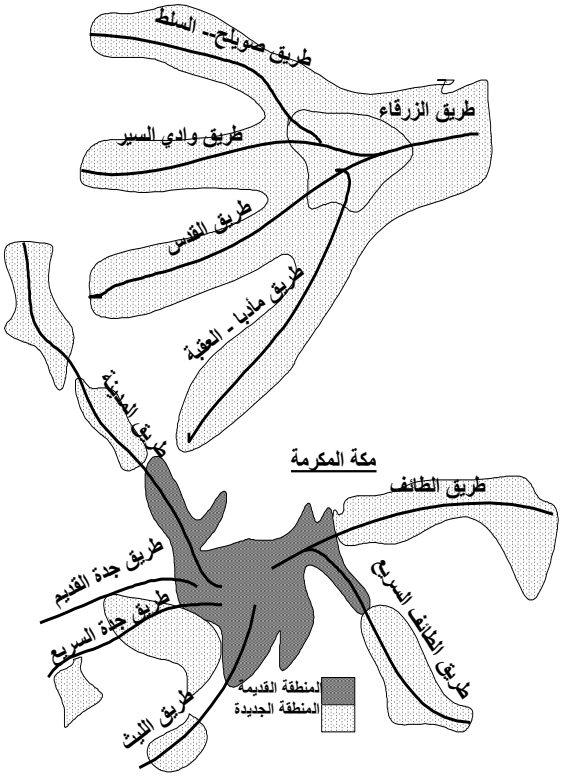
وقد تنوعت مواقع المدن بتنوع التضاريس لذا تتباين مشاكلها حسب نوع التضاريس التي يمتد عليها العمران، ففي المناطق الجبلية يتركز العمران على السفوح المتباينة الانحدار، وتعد المنحدرات التي لا يتجاوز انحدارها (30°) من افضل السفوح الملائمة للإقامة العمران، اما إقامة العمران فوق السفوح الشديدة الانحدار يحتاج الى معالجات تزيد من تكاليف البناء مهما كانت طبيعة المعالجة، ربما تقام الأبنية الانه يصعب توفير الخدمات مثل الطرق وشبكات الماء والصرف الصحي والكهرباء، ومما يزيد في المشاكل ضعف تماسك مكونات السفوح او صلابتها حيث تعد السفوح الضعيفة التماسك غير مستقرة وتتعرض الى عمليات مختلفة من تعرية وتجوية وما يترتب عليها من انزلاق وهبوط وغيرها والتي تحتاج الى كلف كبيرة لتحسين خواصها وزيادة تماسكها ومن ثم قوة تحملها، اما إذا كانت شديدة الصلابة فأنها سوف تشكل عائقا أمام مد شبكات الخدمات المختلفة ويكون توفيرها مكلفا.

ومن مشاكل المناطق المتضرسة تشتت المراكز العمرانية ونموها في اتجاهات مختلفة ومتباعدة مما يفقد المدينة خصوصية تجانسها الحضري، حيث تقام المراكز العمرانية فوق المناطق الملائمة قافزة المناطق الوعرة غير الملائمة من وديان وجبال ومستنقعات، وتنعكس اثار ذلك على توفير الخدمات المختلفة من نقل وصحة وتعليم وماء وكهرباء وهاتف ومجاري، حيث ترتفع تكاليف توفيرها وذلك لقلة السكان المستفيدين منها في بعض الأماكن لعدم توفر ارض ملائمة للتوسع في العمران فتضطر الدولة الى توفير الخدمات لجميع السكان مهما كان عددهم، وهذا مكلف في الدول ذات الدخل المحدود.

ومن المدن العربية التي تنمو بهذا الشكل مدينة عمان التي اتخذت شكل يشبه أصابع اليد في نموها لوجود الأودية والمرتفعات الوعرة التي تجاوزتها نحو المناطق الصالحة للنمو فاتسعت رقعة المدينة، شكل رقم(6- 1).

وكذلك مدينة مكة المكرمة التي نشأت في وادي إبراهيم عليه السلام حيث تحيط بها المرتفعات من عدة جهات، وبعد نمو او امتداد العمران على جميع المناطق الممكن استغلالها حتى سفوح الجبال التي يصل انحدار بعضها 45° بدأ العمران ينتقل الى

المناطق الواقعة وراء الجبال وعلى امتداد الطرق الرئيسة الخارجة من مركز المدينة الى المناطق المجاورة فاصبح شكل المدينة مشتتا، شكل رقم(6-1).



وقد كان للتضاريس ألا سهام الفاعل في ظهور أنماط مختلفة من النمو العمراني كالنووي والشعاعي والشريطي والمتناثر والدائري.

وتعد الهضاب المنبسطة من افضل المناطق لتوسع المدن في اتجاهات عدة دون معوقات كبيرة تحول دون ذلك، اما الهضاب المتموجة فهي اقل صلاحية من الهضاب المنبسطة وافضل من الجبال، وكذلك الحال بالنسبة للسهول فأنها من المناطق التي نشأت فوقها مدن كبيرة منذ القدم سواء كانت فيضية او ساحلية، رغم ان بعض تلك المدن تعاني من مشاكل كثيرة بسبب موقعها في بعض المناطق السهلية بسبب المياه الجوفية او ضعف تحمل تربتها او تهددها أخطار الفيضانات.

ومن المشاكل أيضا استواء الارض وقلة انحدارها لذا تحتاج مشاريع الصرف الصحي والأمطار الى محطات ضخ لغرض نقلها من مكان لاخر لعدم توفر انحدار كافي يسهل عملية جريانها من المدينة الى مواقع تجمعها.

2-التكوينات السطحية وتحت السطحية(التربة والصخور)

تعد التكوينات السطحية وتحت السطحية ذات أهمية كبيرة في مجال العمران وخاصة في مجال تحديد نوع الأسس وعدد الطوابق التي يمكن أقامتها في أي مكان، فالتكوينات السطحية قد تكون طبقات صخرية صماء تمتد الى أعماق تصل عدة أمتار او طبقة قليلة السمك ترتكز فوق طبقة طينية ضعيفة، او قد تكون الطبقة السطحية عبارة عن ترسبات منقولة او مشتقة، أي عبارة عن طبقة من التربة ترتكز على طبقة صخرية، او تكون تربة عضوية ناتجة عن عمليات طمر النفايات إذ تختلف تلك التكوينات في

خصائصها عن بعضها البعض والتي تنعكس آثارها على تماسكها وقدرة تحملها، فالتربة المفككة كالرملية واللوس اضعف تلك التكوينات وكذلك التربة المتجمدة التي تتعرض الى الذوبان، واخيرا مناطق طمر النفايات التي تعد ضعيفة التماسك وذات مخاطر كبيرة لعدم ثباتها لتنوع مكوناتها وعدم تحولها الى وضعها النهائي لذا تتعرض الى الهبوط بشكل مستمر وبطيء خاصة في المناطق الرطبة، وقد تحدث تفاعلات في التكوينات المطمورة فينتج عنها غازات ربما بكميات تؤدي الى حدوث انفجار في تلك المواضع التي تجمعت فيها والتي تتضمن كسور أو شقوق تسمح بتسرب تلك الغازات الى الخارج فينتج عنها مشاكل كثيرة، على أية حال ان إقامة الأبنية الثقيلة فوق مثل تلك المناطق يؤدي الى هبوطها بسرعة ومن ثم تعرض البناء الى التصدع والتشقق او الانهيار.

اما التكوينات تحت السطحية فلاتقل أهمية عن السطحية إذ هنالك تضامن بين الاثنين من حيث التأثير على العمران فكلما كانت صلبة ساعدت على إقامة أبنية متعددة الطوابق وثقيلة وإذا كانت ضعيفة تحول دون ذلك، وتعد الصخور النارية من افضل انواع الصخور من حيث الصلابة في حين تعد الصخور الرسوبية الطينية من الصخور الضعيفة ، كما تقل قوة الصخور مع زيادة ماتتضمنه من فواصل وكسور والتي تمثل مواضع الضعف فيها، وفي حالة استغلالها يجب تحسين خواصها او اتخاذ إجراءات لغرض لتحقيق ذلك مما يزيد من الكلف.

وقد تتعرض بعض المناطق الى عمليات الهبوط والانخساف ولاسباب مختلفة ومنها ماياتي:

أ- المناطق السهلية المنبسطة التي تتضمن تكوينات تحت السطحية هشة ينتج عنها هبوط الى الاسفل دون حدوث زحزحة جانبية في المواد الهابطة.

ب- المناطق الجبلية التي ترتكز فيها رواسب الطفل الجليدي فوق طبقات الجليد فعند ذوبان الجليد تهبط الترسبات نحوالاسفل لتحل محل الجليد الذائب، كما تتعرض الى تلك الظاهرة التربة المتجمدة عند ذوبان الجليد الموجود في مساماتها فيقل تماسك حبيباتها لوجود فراغات بينها مما يؤدي الى تحرك تلك الحبيبات جانبا ونحو الاسفل لملء تلك الفراغات فتهبط نحو الاسفل.

ج- مواقع التنجيم الخاصة بالبحث عن المعادن والفحم والتي يترتب عليها إزالة التكوينات تحت السطحية فإذا كانت الطبقة السطحية قليلة السمك تتعرض الى الهبوط.

د- مناطق الصخور الجيرية(الكار ست) وخاصة في المناطق الرطبة إذ تؤدي عمليات التجوية والإذابة الناتجة عن المياه الجوفية الى تكون حفر وكهوف في الطبقات تحت السطحية والتي تتوسع وتكبر بمرور الزمن لقابلية تلك الصخور على الذوبان بالماء حتى تصبح الطبقة السطحية رقيقة وضعيفة التماسك فتنخسف او تهبط الى الاسفل.

هـ- تعرض المناطق الضعيفة التماسك والصلابة الى ضغط يفوق طاقة تحملها مثل مرور مركبات الحمل او إقامة أبنية ثقيلة.

و- المناطق التي يتم سحب السوائل من تحتها كالمياه والنفط فتترك فراغات كبيرة تحت الطبقة السطحية والتي قد تصل الى نطاق يؤدي الى هبوط الطبقة السطحية.[10]

عند اختيار مواضع لاقامة العمران يجب مراعاة ما يأتي:

1- قدرة تحمل التربة والصخور والتي على ضوئها يتحدد نوع الأسس الملائمة، إذ تكون المناطق الصخرية الصلبة عالية القدرة على التحمل ويمكن إقامة الأبنية فوقها مباشرة.

في حين تكون التربة اقل قدرة وتتعرض الى الانضغاط لذا لايمكن البناء فوقها مباشرة ألا بعد أجراء تحسينات على خواصها او أزالتها واستبدالها بنوعية افضل وربما تكون صخور او كتل كونكريتية، وبصورة عامة تتباين التكوينات السطحية في قدرة تحملها وكما في الجدول رقم(6-1)

جدول رقم(6-1) قدرة تحمل التكوينات السطحية

نوع التكوينات	التحمل/ كغم/ سم^3
1- طبقات صخرية صلبة	40 -30
2- طبقات صخرية متوسطة الصلابة	12 -10
3- طبقات صخرية ضعيفة الصلابة	10 -8
4- تربة حصوية او حصوية رملية	8-6
5- تربة رملية خشنة متماسكة	4 -2.5
6- تربة طينية جافة وصلبة	3-2
7- تربة طينية رملية	2 -1.5
8- تربة رملية ناعمة	2-1
9- تربة طينية هشة	0.75 -0.5
10- تربة طمر او دفن نفايات	0.5 -0.25

وقد لا يتوقف تأثير التربة على الأسس التي تقع فوقها بل يشمل جوانبها التي تدفن بالتربة في حالة ارتفاعها كثيرا عن مستوى سطح الارض، وخاصة اذا كانت تربة عضوية او مالحة او من أنقاض الأبنية التي كانت مستخدمة والتي تعد ذات خصائص رديئة تنعكس آثارها على الأسس، ويفضل عند الدفن إزالة الطبقة السطحية واستخدام التي تحتها.[11]

2- التركيب الكيميائي للتربة والصخور:

تحتوي التكوينات السطحية من التربة والصخور على معادن مختلفة ذات خصائص متباينة، بعضها لها القابلية على التشبع بالماء والانتفاخ والانكماش او الإذابة والتي تنعكس أثارها على الأبنية المقامة فوقها حيث تتعرض الجدران الى التصدع والبعض الى الهبوط فيختل توازن الأبواب والشبابيك وقد تتوقف حركتها لغرض الفتح او الغلق.

كما تتضمن بعض الصخور معادن معامل تمددها الحراري كبير فينتج عنه تفكك الكتل التي تحتويها وخاصة في المناطق التي يكون المدى الحراري فيها كبيرا، ويظهر ذلك واضحا في الكتل الكونكريتية التي تستخدم في البناء[البلوك] والذي يتعرض الى التصدع نتيجة لذلك وما ينتج عنها من تمدد وتقلص، وتتضمن بعض التكوينات معادن لها القابلية على التفاعل مع معادن أخرى مثل اكاسيد الحديد مع أملاح الصوديوم والكالسيوم فينتج عنها تأكل أنابيب شبكات المياه المدفونة في الارض فينتج عنها تسرب كميات كبيرة من المياه والتي تصل آثارها الى الأسس وارضيات الأبنية القريبة منها فتعمل على إذابة بعض التكوينات الواقعة تحت الأسس فتقلل من صلابتها وقوة تحملها فتتعرض تلك المواضع الى الهبوط فتتشقق جدران الأبنية، وعليه يفضل عدم دفن الأنابيب في مثل تلك التكوينات او تغليفها بمادة عازلة تمنع تأثير الأملاح إذا كانت مدفونة وتأثير المناخ إذا كانت مكشوفة.

3- نفاذية التكوينات السطحية:

تتباين نفاذية التكوينات السطحية من مكان لاخر، فبعضها كتيمة أي قليلة النفاذية ولاتسمح بتسرب المياه المتجمعة فوقها الى الطبقات التي تحتها مثل التربة الطينية الثقيلة والتي تنعكس آثارها على الأبنية المقامة فوقها او بالقرب منها خاصة في المناطق التي لا تتوفر فيها مجاري لتصريف مياه الامطار، حيث تتسرب تلك المياه نحو الأسس والجدران فتترك اثار سلبية فيها، ويزداد التأثير مع زيادة الفراغات التي تتضمنها الأسس والجدران فتسمح بتسرب اكبر كمية من المياه نحوها، وقد تعمل على تشويه أرضيات الأبنية وممراتها، فضلا عن احتواء تلك المياه على أملاح والتي تزيد من شدة تأثيرها نتيجة لتفاعلها مع بعض معادن مواد البناء فتعمل على أضعاف تماسكها ومن ثم صلابتها.

ومن الجدير بالذكر ان نوعية الأسس يعتمد على طبيعة التكوينات السطحية وتحت السطحية وتكون على نوعين هما:

أ- أسس غير عميقة:

يستخدم هذا النوع في المناطق الصلبة غير القابلة للانضغاط، وقد تكون الأسس عريضة لزيادة قدرتها على تحمل الأعمدة والجدران اما إذا كانت الأبنية كبيرة وثقيلة ولغرض زيادة قدرة التحمل تستخدم أسس حصيرية تغطي جميع المساحة المخصصة للبناء، حيث تكون تلك الأسس عبارة عن كتلة كونكريتية صلبة غير قابلة للهبوط.

ب- أسس عميقة:

يستخدم هذا النوع عند بناء المنشآت الضخمة التي تقام فوق صخور ضعيفة او تربة هشة، اذ يتم استخدام أسلوب الركائز الكونكريتية التي ترتكز على الطبقات الصخرية الصلبة التي تقع تحت الطبقات السطحية، اذ يتم حفر الطبقة الهشة والتي قد يصل سمكها عدة أمتار.

وعند اختيار مواقع الأسس يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار التأثيرات المستقبلية سواء تأثير البيئة التي تقام فيها او مدى استقرارها العمودي بعد إقامة البناء عليها.[12]

3-المياه الجوفية والرطوبة:

ان وجود المياه الجوفية في التربة والصخور على مناسيب قريبة من الأسس له اثار سيئة على المنشآت المقامة في تلك الأماكن، إذ تعمل تلك المياه على تغيير خصائص التربة وتقلل من قدرتها على التحمل، كما تؤثر على الأبنية من ناحية جمالية وصحية وإنشائية من خلال حدوث ظاهرة التزهر وتنشيط تفاعل الأملاح وخاصة الكبريتية منها مع مركبات الأسمنت فتؤدي الى أضعاف الخرسانة، ومن الجوانب الأخرى التي تؤثر فيها المياه هو انجما دها داخل الكتل الكونكريتية فيعمل على تفككها، فضلا عن صدأ وتأكل بعض المعادن فيتشوه مظهر الجدران وتقل صلابة مكوناتها وتزداد فيها عمليات التعرية والتجوية.

وتنتقل المياه والرطوبة الى الأبنية بعدة طرق منها ما يأتي:

أ- انتقال الرطوبة بواسطة الخاصية الشعرية من التربة الى الأسس والجدران والأرضيات والمماشي، حيث تزداد نسبة المياه المنتقلة كلما كانت مناسيبها مرتفعة وقريبة من المباني، وتقل نسبتها بانخفاض مناسيبها وابتعادها عن المبنى.

ب- وجود خلل او عيوب في الجدران والسقوف تسمح بتسرب المياه الى الجدران ويكون تأثيرها من الأعلى.

ج- وجود كسور او ثقوب في الأنابيب المارة عبر الجدران او بالقرب منها والتي تسمح بتسرب المياه نحو الأسس والجدران.

د- وجود تشققات وكسور وحفر وثقوب في الجدران والأسس القريبة من سطح الارض والتي تسمح بتسرب المياه المتجمعة فوق المناطق المجاورة نحوالابنية.

هـ- احتواء بعض مواد البناء على الرطوبة عند استخدامها فتعمل على ترطيب بقية المواد التي تلامسها.

و- تعرض الأجزاء الخارجية من المباني الى الرطوبة الناتجة عن الامطار وبخار الماء في الهواء وخاصة المناطق الواقعة على البحار.[13]

ز- ارتفاع مناسيب مياه الانهار في مواسم الفيضان فينتج عنها ارتفاع مناسيب المياه الجوفية وخاصة في المناطق التي تقع على مستوى اقل من مناسيب المياه عند ارتفاعها.

4-نوع مواد البناء:

يستخدم في البناء مواد متنوعة ذات خصائص مختلفة وهذا ينعكس على طبيعة سلوكها عند استخدامها في البناء وانتقالها الى بيئة جديدة ذات ظروف مختلفة عن الوضع الذي كانت عليه وقد تنعكس اثار ذلك على طبيعة البناء، ومن تلك المواد ما يأتي:

أ- الصخور:

تستخدم الصخور على نطاق واسع في البناء حسب النوع المتوفر في كل مكان، وعلى العموم من الأنواع الشائعة الاستعمال هي:

1- الحجر الطيني Claystone وهو على نوعين ضعيف التماسك وصلب والأخير هو الذي يستخدم في البناء رغم ان هذا النوع من الحجر ذات خصائص غير جيدة لانه سريع الاستجابة لعمليات التعرية والتجوية لذا يستخدم عند الضرورة.

2- الصخور الكلسية Lime stone ومن خصائص تلك الصخور قابليتها على الذوبان بالماء في المناطق الرطبة وحسب طبيعة تركيبها الكيميائي حيث يتباين التأثير من نوع لاخر لذا تفضل الانواع الأكثر صلابة ومقاومة، ومن انواع تلك الصخور:

أ- الصخور الجيرية الحبيبية، وهي صخور متجانسة التركيب والتكوين ومعتدلة الصلابة .

ب- صخور الدولومايت، وتعد اكثر صلابة من النوع السابق.

ج- الصخور الجيرية المتبلورة، وهي صخور اكثر صلابة من النوعين السابقين واكثر استخداما، وهي ذات ألوان متنوعة لاحتوائها على اكاسيد مختلفة والتي تمثل عناصر ضعف في تلك الصخور.

د- الحجر الرملي Sand stone ويتواجد بأنواع مختلفة حسب المادة اللاصقة أو اللاحمة والتي تتكون من اكاسيد الحديد والمواد السليكية والكلسية، وعلى العموم اقل استخداما من الأنواع الأخرى.

هـ- صخور السر بنتين النارية Serpentine Rock وتكون ذات ألوان مختلفة لاحتوائها على اكاسيد تقلل من صلابتها.

و- صخور الجرانيت GraniteRocks وتعد من اكثر الصخور صلابة وتستخدم على نطاق واسع في المناطق التي تتوفر فيها.[14]

ب- الطابوق:

يستخدم في المناطق التي تتوفر فيها تربة طينية ولا تتوفر فيها صخور، إذ يتم تحويل التربة الى طين متوسط الصلابة ومن ثم تحول الى كتل مستطيلة بواسطة قوالب خاصة و وفق قياسات معينة طولها يتراوح بين 25و 30 سم وبعرض ما بين 12 و15سم وبارتفاع مابين 15 و20سم، وبعد ان تجف تحت تأثير الشمس والهواء توضع في أفران خاصة فتتحول الى كتل صلبة ذات خصائص

جيدة، لذا تفضل على الصخور في المناطق التي تتوفر فيها رغم أنها اقل متانة منها، وينتشر استخدامه في العديد من المناطق ومنها وسط وجنوب العراق.

ج- الكتل الكونكريتية:

يعد استخدام الكتل الكونكريتية من اكثر مواد البناء استعمالا في الوطن العربي، والتي تصنع بأحجام مختلفة من الأسمنت والحصى والرمل، بعضها يكون على شكل كتلة متراصة والبعض الآخر على مجوف من الداخل لتقليل وزنها والمواد المستخدمة فيها، ومن مساوئ هذا الكتل التأثر بالحرارة ارتفاعا وانخفاضا فتتعرض الى التصدع والتشقق ومن ثم نقل تلك التغيرات الى داخل الأبنية لأنها جيدة التوصيل للحرارة لذا تكون حارة في الصيف وباردة في الشتاء، وهذه الخاصية تظهر بشكل واضح في المناطق التي ترتفع حرارتها في الصيف وتنخفض في الشتاء ويكون المدى الحراري كبير، في حين لاتحدث في المناطق المعتلة الحرارة، ومع ذلك تعد البديل للصخور والطابوق في المناطق التي لا تتوفر فيها تلك المواد، وحتى ان توفرت الصخور في بعض المناطق تفضل الكتل عليها لأنها سهلة الاستعمال.

د- الأسمنت:

يوجد على نوعين مقاوم للرطوبة ويستخدم في بناء الأسس والسقوف ونوع عادي ويستعمل في بناء الجدران فوق الأسس وهذا النوع يتأثر بالرطوبة ويتحول الى مادة هشة كالتراب لذا لاستخدم في المناطق التي تتعرض الى الرطوبة لفترة طويلة.

هـ- الجص:

يستخدم في البناء فوق الأسس وباطن الجدران لانه شديد التأثر بالرطوبة ويتحول الى مادة هشة جدا إذا ما تعرض لها بما فيها رطوبة الهواء العادية، ويصنع الجص من الصخور الطباشيرية والجبسم.

و- الحصى والرمل:

تعد مادتي الحصى والرمل من المواد المكملة لاستخدام الأسمنت حيث لايمكن استخدامه في البناء الأبعد خلطه بالرمل لزيادة متانته، وفي حالة استخدامه في السقوف والأرضيات فيخلط مع الرمل والحصى ليكون كتلة شديدة التماسك والصلابة، ومن الشروط التي يجب توفرها في مادتي الحصى والرمل ان تكون خالية من الأملاح وبعض المعادن الطينية التي يسبب وجودها أضعاف تماسك الكتلة وتقليل متانتها.

ومن الجدير بالذكر كان يستعمل في الماضي مادة النورة في البناء قبل معرفة الأسمنت وهي مادة تشبه الجص ألا أنها اكثر صلابة حتى من الأسمنت المقاوم وتصنع من الصخور الجيرية، وقد استعملها العراقيون في عمل مصاطب للنواعير وأبراج للطواحين على نهر الفرات في غرب العراق قبل اكثر من مائتي سنة، كما تم تغليف بعض جهات الجزر بالصخور والنورة للحد من اثر قوة التيار في تلك المواضع، ولاتزال النواعير وأبراج الطواحين قائمة والضفاف المغلفة لاتزال موجودة دون ان تتعرض الى التآكل خلال هذه الفترة الزمنية الطويلة، وهذا يعني أنها اكثر ملائمة للبيئة وجودة من الأسمنت والجص، كما أنها اقل كلفة خاصة وان الصخور التي تصنع منها منتشرة في كل أنحاء الوطن العربي، لذا من الأجدر بنا ان نعود الى ما هو افضل.

5-مجاري الانهار:

اتخذت العديد من المدن مواقعها عند ضفاف الانهار او بالقرب منها لكونها مصدرا دائما للمياه فضلا عن جمال الطبيعة في مثل تلك المواقع، لذا اتخذها الانسان موطنا له منذ القدم رغم المخاطر التي تتعرض لها المواقع المنخفضة بسبب الفيضانات المتكررة والتي لم تمنعها التدابير و الإجراءات المتنوعة في سبيل السيطرة على الفيضانات، والتي لم تجدي نفعا الأعلى نطاق محدود جدا، ولاتزال العديد من المدن تتعرض الى الفيضانات المدمرة في دول العالم النامية والمتقدمة، فالذي يتحكم بها الله سبحانه وتعالى القوي العزيز المقتدر، والإنسان عاجز أمام القوى الطبيعية ولا يستطيع التحكم بها مهما بلغ من علم ومعرفة.

وقد لا يقتصر تأثير الانهار على الفيضانات بل ما يترتب عليها من عمليات تعرية وار ساب وما ينتج عنها من مظاهر او تغير في المجرى والتي تنعكس أثارها على النشاط البشري في المناطق الواقعة على جانبي النهر بما فيها المراكز العمرانية، فقد كان للمنعطفات والبحيرات الهلالية والجزر الأثر الكبير على طبيعة العمران وانتشاره بشكل يتلائم مع نوع مظاهر السطح في كل منطقة.

ولغرض الحد من اثار الفيضانات على المراكز العمرانية والمنشآت المختلفة فقد اتخذت الدول بعض التدابير المختلفة منها ما يأتي:

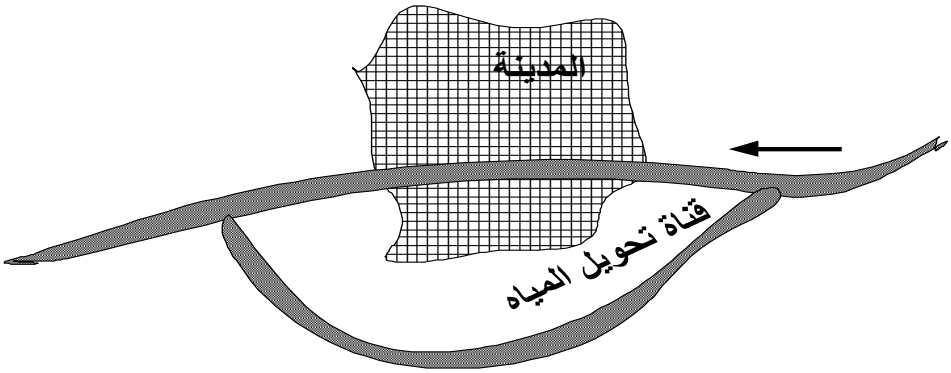
1- إنشاء سداد ترابية على جانبي قناة النهر وعلى مسافة لاتقل عن 50م عن ضفة النهر وبارتفاع مناسب لاستيعاب اكبر كمية من المياه خلال فترة الفيضان.

2- تعديل بعض المنعطفات التي يتضمنها المجرى وخاصة المنعطفات ذات الانعطاف الكبير والمسافة بين طرفيها صغيرة بحيث يؤدي قطع عنقها الى اختصار المسافة التي ستقطعها موجة الفيضان فضلا عن سرعة انتقالها الذي يكون بطيئا عند مرورها عبر المنعطفات فيترتب على ذلك اثار سيئة.

3- عدم السماح للجزر بالثبات في وسط المجرى لأنها ستؤدي الى تقليل الطاقة الاستيعابية للقناة وعرقلة الجريان وزيادة الترسيب والعمل على تركيز قوة الجريان في إحدى الجهات فيعمل على تآكل الضفة التي يمر من عندها،كما تعمل على رفع مستوى قاع القناة والتي تؤدي بدورها الى رفع مناسيب المياه الى مستوى أعلى من الأراضي المجاورة لها فتتعرض تلك الأراضي الى ظاهرة النزيز او تسرب المياه الجوفية نحوها فتدمر ما يشغلها من نشاط.

4- عمل مجاري احتياطية للأنهار التي تمر في المراكز الحضرية الكبيرة لنقل المياه أوقات الفيضان خارج المنطقة الحضرية، بحيث تأخذ المياه قبل وصولها الى المدينة وتمر من خارج المدينة لتعود الى النهر مرة أخرى بعد المدينة، شكل رقم(6- 2).

شكل رقم(6-2) قناة تحويل المياه خارج المدن



5- عمل خزانات جانبية على جانبي النهر وعلى امتداده قبل المناطق الحضرية لخزن اكبر كمية من مياه الفيضانات والتي يمكن أعادتها الى النهر في أوقات انخفاض المناسيب او ما تسمى أوقات الصيهود.

6- الحد من كميات التصريف في المجاري الرئيسية للأنهار ومن خلال الإجراءات آلاتية:

أ- إنشاء سدود وخزانات على الروافد الكبيرة التي تزود النهر بالمياه تعمل على تنظيم المياه المتدفقة منها الى المجرى الرئيسي، والتي تضمن عدم انخفاضها في أوقات الشحة الى منسوب لا يؤمن سد حاجة جميع الانشطة.

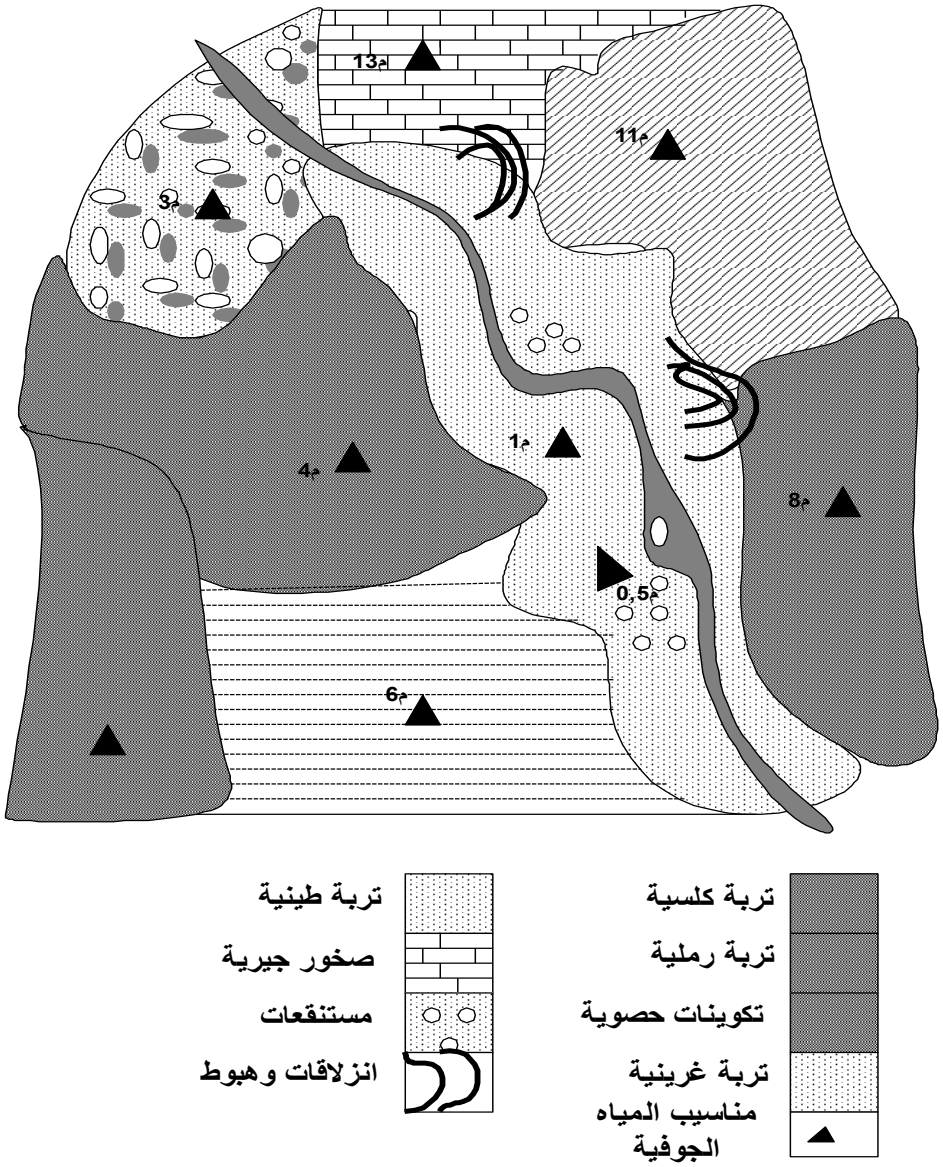
ب- عمل سدود احتجازية ثابتة تعمل على رفع مناسيب المياه في المجرى الرئيسي وتكون بشكل متدرج باتجاه انحدار المجرى، وهذا بدوره يؤدي الى الحفاظ على مستوى للمياه يؤمن حاجة الانشطة المعتمدة عليها في تلك الأماكن، وقد يستفاد منها لأغراض الري ورفع مناسيب المياه الجوفية في المناطق المجاورة والتي يمكن استغلالها لأغراض الري والاستعمالات البشرية.

7- حفر قنوات بزل بين مجاري الانهار والمناطق العمرانية التي تتعرض الى ارتفاع مناسيب المياه الجوفية لنقل تلك المياه بعيدا عنها ويمكن إعادة ضخها الى النهر او الى أي مكان أخر بعيدا عن المدينة.

8- ترشيح بعض المناطق الواقعة على ضفتي القناة لغمرها بالمياه عند التعرض الى موجة فيضان عالية بحيث لايمكن السيطرة عليها بوسائل السيطرة المتاحة، ويفضل ان تكون تلك المناطق لا تتضمن مشاريع ومنشآت كبيرة ذات تكاليف باهضة ويترتب عليها خسائر مادية كبيرة.

يتضح مما تقدم ان تخطيط المراكز العمرانية يعتمد على معلومات جيوهيدرولوجية مترجمة الى خرائط والتي من خلالها يمكن تحديد المواضع الملائمة لنمو المدن، فمن خلال تلك الخرائط يتم التعرف على الوضع الطوبوغرافي للمنطقة ونوع مكوناتها السطحية وطبيعة انتشارها والنظام الهيدرولوجي من حيث الجريان السطحي ومستوى المياه الجوفية، وتسمى تلك الخرائط بالخرائط الاساسية، شكل رقم (6- 3) خريطة مسح جيوهيدرولوجي لموقع المدينة.

شكل رقم(6-3) خريطة مسح موضع المدينة



ثانيا- تخطيط الطرق والجسور:

1- تخطيط الطرق:

يختلف تخطيط الطرق عن غيرها من المشاريع لأنها لا تحتل موضعا معينا على مساحة محددة بل تمتد لمسافة طويلة وضمن مناطق ذات أشكال وتكوينات متنوعة بعضها ملائم لانشاء الطرق والبعض الأخر غير ملائم وتحتاج الى معالجات معينة، وقد يؤدي إهمال بعض المشاكل الى تدمير الطريق وعرقلة المرور فوقها، وربما تكون تكاليف معالجتها باهضة مقارنة بتكاليف المعالجة منذ البداية، ولغرض تغطية الموضوع بشكل افضل سيتم تناول مد الطرق عبر مظاهر السطح كل على حده لمعرفة المشاكل التي تعترضها في كل نوع من تلك المظاهر وكما يأتي:

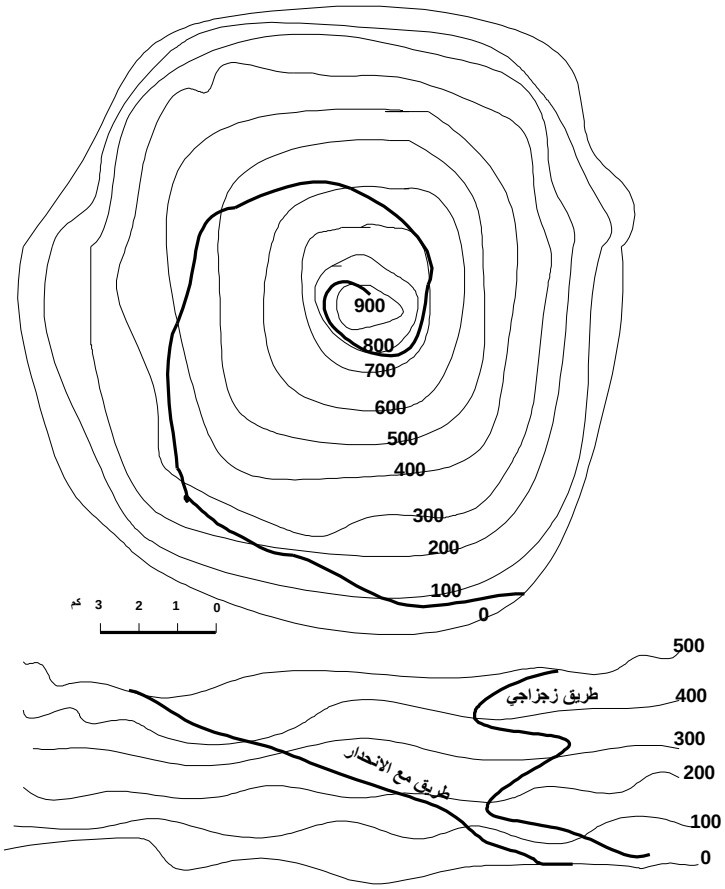
أ- المناطق الجبلية:

تعد الجبال من اكثر المناطق تعقيدا في مد الطرق خلالها وذلك لشدة تضرس المنطقة لما تتضمنه من مرتفعات واودية عميقة حيث تتميز معظم السفوح بشدة انحدارها وعدم استقرارها، لذا يجب التعامل مع تلك المتغيرات وتخطيط الطرق بما ينسجم وطبيعة تلك المنطقة، ففي بعض المناطق تقطع سفوح بعض الجبال او تحفر أنفاق وخاصة عندما تكون الجبال تعترض مد الطريق بين منطقتين منبسطتين او اقل ارتفاعا منها، اما إذا كانت الطرق لغرض الوصول الى قمم تلك المرتفعات او الى سفوحها فيتم مدها فوق السفوح المستقرة من تلك المرتفعات وحسب طبيعة تلك الجبال وارتفاعها ففي الجبال ذات القمم المنفردة تكون حلزونية او دائرية، وفي الجبال التي تكون على شكل سلسلة متصلة تخطط الطرق بشكل زجزاجي او متدرج عبر امتداد سفوحها متبعة المواضع المستقرة، شكل رقم(6-4).

ويتحكم بطبيعة امتداد الطرق عبر سفوح الجبال درجة انحدارها وستقرار مكوناتها والبيئة السائدة رطبة او جافة حارة او باردة، حيث تتطلب كل حالة معالجة متميزة عن الأخرى، ففي السفوح غير المستقرة ذات التكوينات الهشة تستبدل بأخرى صلبة او انشاء مساند كونكريتية تحول دون تحرك تلك التكوينات وتعمل على استقرارها، كما يجب الانتباه الى طبيعة تصريف المياه فوق تلك السفوح ومنع جريانها عبر الطرق او التجمع فوقها أو تحتها، وقد تتضمن بعض السفوح مجاري مائية تجمع المياه من الأعلى وتنقلها الى الاسفل وتكون بعضها عميقة وواسعة والبعض الآخر صغيرة ومتشعبة الى عدة مجاري، فعندما تعترض مد الطرق يجب اتخاذ التدابير اللازمة وعمل قنوات تمر من تحت الطريق لنقل تلك المياه الى الجهة الأخرى.

ولزيادة الأمان وتجنب حدوث المشاكل في السفوح التي تعلو الطريق والتي تنعكس أثارها عليه تعالج مشكلة تجمع المياه فوقها ان وجدت والتي تعد المصدر الرئيسي لتلك المشاكل وما ينتج عنها من عمليات جيومورفولوجية كالتدفق الطيني والهبوط والانزلاق وغيرها، والتي تلحق الضرر بالطريق.

شكل رقم(6-4) انواع اطرق في المناطق الجبلية



ولغرض تحديد مسار الطريق لابد من الاستعانة بخريطة كنتورية للمنطقة فيتم تحديد المواضع التي سيمر عبرها الطريق متبعا السفوح المستقرة والمعتدلة الانحدار، وتعيين المواضع التي تحتاج الى معالجة، ويجب ان يتوفر في تلك المسارات الآمان وسهولة المرور وبشكل يتناسب مع قدرة محرك المركبات التي ستسير عليه، وهذا يحتاج مراعاة درجة انحدار الطريق الذي يكون بشكل يتناسب مع نوع المركبات وبقياسات محسوبة بحيث تكون لكل مسافة مستوى معين، فعلى سبيل المثال في الشكل رقم (6-4) خريطة كنتورية مرسوم عليها طريق ضمن منطقة جبلية ذات قمة منفردة مقياس رسمها 1\ 100000 وعلى افتراض ان السفوح مستقرة ويجب مراعاة الانحدار بحيث يكون على سبيل المثال $\frac{10}{200}$ أي تنحدر السفوح 10م كل 200م او 100م كل 2000م ، وبما ان الفاصل الرأسي بين خط واخر 100م لذا تكون المسافة الأفقية للطريق بين خط واخر 2000م، وبما ان مقياس الرسم كل 1سم = 1000م لذا تكون المسافة على الخريطة 2سم، وبذلك يكون مسار الطريق كما موضح في الشكل المذكور.[15]

ومن والجوانب المهمة الأخرى التي يجب مراعاتها هي مدى استجابة مكونات السفوح الترابية والصخرية لعمليات التعرية والتجوية والسقوط والانزلاق والهبوط وخاصة في المناطق التي تتعرض الى سقوط الامطار والثلوج التي تسقط في المواسم الباردة وتذوب في المواسم الدافئة فينتج عن ذلك عمليات مختلفة تؤثر على السفوح ومن ثم على الطرق، وهذا ما حدث في ولاية كاليفورنيا في أمريكا حيث أدى زحف مكونات إحدى السفوح الى إزاحة الطريق المشيد أسفله كما أدى الى كسر أنابيب المياه.

ومما يزيد من مشاكل الطرق في المناطق الجبلية كثرة الأودية التي تقطعها تلك الطرق خاصة وأنها ذات أعماق سحيقة وسفوح شديدة الانحدار، وقد تكون بعض السفوح ضعيفة التكوينات وتحتاج الى معالجة فتزداد كلف انشاء الطريق والمشاكل والمخاطر المحتملة.

وقد تعترض مسار الطريق مرتفعات ذات تكوينات هشة لايمكن قطعها او المرور عبر سفوحها وتمتد تلك المرتفعات على نطاق محدود لذا يستخدم أسلوب الأنفاق إذا كانت التكوينات تحت السطحية ملائمة لذلك، ومن الجدير بالذكر ان الأنفاق تستخدم منذ فترة طويلة في حل مشكلة النقل في العديد من الدول حيث تم التغلب على مشكلة الازدحام المروري الذي تشهده الطرق فوق سطح الارض، واستطاعت تلك الدول من تأمين المواصلات لكل سكان المدن الكبرى عبر الإنفاق وبدون مشاكل حيث تتوفر عناصر الأمان والسرعة والراحة واختصار الوقت، وقد استخدمت القطارات والباصات الكبيرة في هذا المجال لأنها تؤدي خدمة افضل من الأنواع الأخرى، وتعد المدن الكبرى مثل لندن وباريس وطوكيو وغيرها تعتمد على النقل عبر الانفاق.

وتحتاج عملية انشاء الانفاق الى تحري موقعي للتعرف على ما يأتي:

أ- نوع الصخور وما تتضمنه من تراكيب واتجاه ميل الطبقات.

ب- سمك الطبقات التي سيقطعها النفق.

ج- مدى تأثير المنشآت السطحية على الانفاق التي ستمر من تحتها.

د- عمل مجسات رأسية لفحص نوع التكوينات الى الأعلى والأسفل من النفق لمعرفة مدى استجابتها للعمليات المختلفة في الوقت الحاضر وفي المستقبل.

هـ- مصادر المواد التي تستخدم في إقامة النفق ومدى توفر البعض منها أو جميعها في المناطق القريبة منه.

و- تحديد المناطق الضعيفة التي تحتاج الى إقامة دعائم تزيد من متانتها.

ز- طبيعة الوضع الهيدرولوجي السطحي والجوفي ومدى تأثيره على مد النفق.

ح- المناخ السائد في المنطقة وتأثير عناصره على النفق عند التنفيذ أو بعده .

ط- العمليات الجيومورفولوجية الحالية والمتوقعة واثارها على النفق.

تتخذ الانفاق أوضاعا مختلفة اعتمادا على تلك المعطيات وتعد طبيعة الطبقات الصخرية من اكثر العناصر أهمية والتي تتحكم في نوع النفق الذي يمر عبرها ومنها ما يأتي:

1- انفاق تقام في الصخور الرسوبية والتي تتخذ اوضعا متباينة حسب طبيعة امتداد وميل الطبقات الصخرية وما تتضمنه من تراكيب اولية وثانوية.

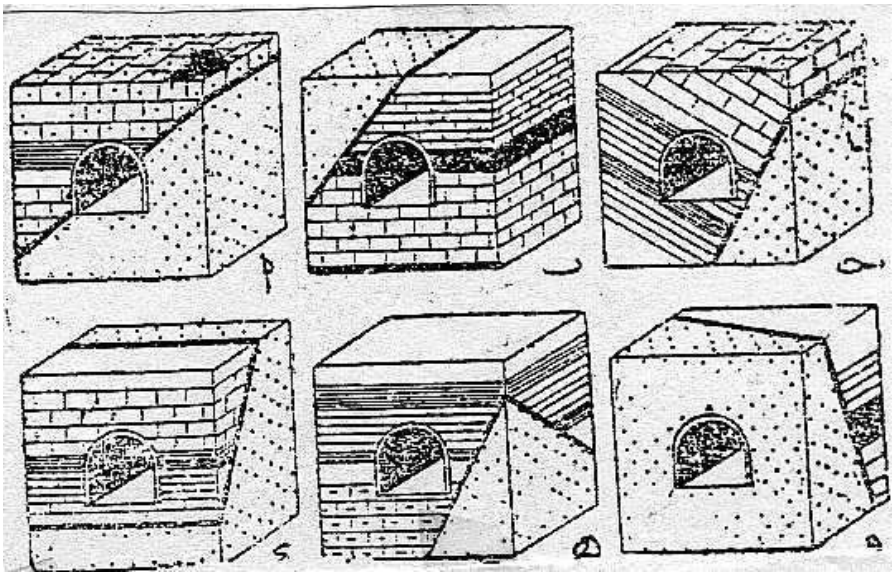
2- انفاق تقام عبر الصخور النارية التي تقل فيها التراكيب الثانوية من فواصل وكسور لانها كتلية وليست طبقية، واكثر صلابة من الرسوبية والمتحولة، شكل رقم(6-5أ)

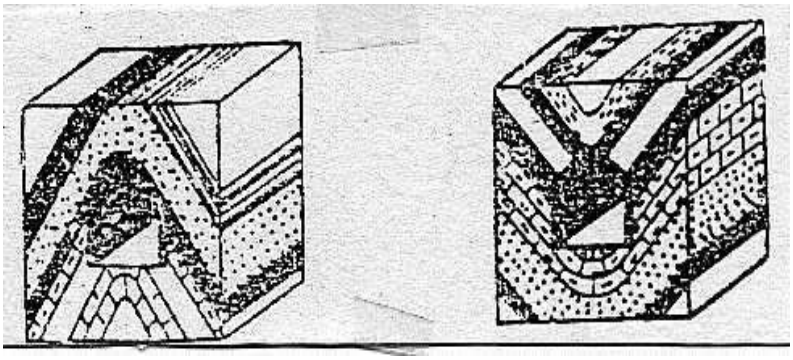
3- انفاق عبر صخور هشة ضعيفة التماسك وانها تحتاج الى معالجات يترتب عليها تكاليف كبيرة،

4- انفاق عبر الطيات، وتكون بعيدة عن قمة الطية لانها تعد من اكثر النقاط تعرضا للاجهادات والضغط، شكل رقم(6-5ب).

5- انفاق في طبقات صخرية ذات فوالق وتعد من التراكيب التي تسبب مخاطر على الانفاق، وفي حالة الاضطرار الى انشاء الانفاق عبرها يجب ان تكون بوضع يتقاطع معها.

شكل رقم(6-5) مواقع الانفاق ضمن بعض التكوينات والتراكيب الصخرية





ب- السهول الفيضية:

تتميز السهول الفيضية عن بقية مظاهر سطح الارض بانبساطها والتي تسهل عملية مد الطرق فوقها من حيث المبدأ، الا ان المشاكل التي تعترض ذلك كثيرة ستظهر عند القيام بالتنفيذ بعضها منظورة واخرى غير منظورة ومنها مايأتي:

1- تتكون السهول الفيضية من تربة رسوبية منقولة ضعيفة التماسك والتحمل لذا يتعرض الطريق الى الهبوط وخاصة عند مرور مركبات الحمل الثقيلة، لذا تحتاج الى معالجة لتحسين خواصها أو استبدالها.

2- وجود قنوات الري والبزل والتي تمتد على شكل شبكات يتقاطع الطريق معها في عدة مواقع ويحتاج ذلك الى قناطر وجسور فتزداد كلفة الطريق.

3- تتضمن بعض السهول بحيرات هلالية ومستنقعات لايمكن مد الطريق عبرها لسعتها وضعف صلابة تكويناتها لتشبعها بالمياه وصعوبة انشاء جسر عليها، لذا يجب الابتعاد عنها نحومناطق افضل في خصائصها وقل كلفة ومشاكل الانها اطول مسافة.

4- ارتفاع مناسيب المياه الجوفية بسبب الري المستمر وارتفاع مناسيب مياه النهر خاصة في مواسم الفيضان فتؤثر على خصائص التربة.

5- التعرض الى فيضانات الانهار بشكل مباشر فتعمل على تدمير الطريق.

6- تأثير المنعطفات النهرية وخاصة على الطرق التي تمر قرب ضفاف الانهار حيث تعمل على زيادة المسافة حسب نوع الانعطاف كما تتعرض الطرق القريبة من قمة المنعطف الى مخاطر التعرية التي ادت الى تدمير العديد من الطرق.

يظهر مما تقدم ان مد الطرق عبر السهول الفيضية تعترضه الكثير من المشاكل والتي تحتاج الى كلف اضافية لغرض تجاوزها وربما يكون البعض من الصعب معالجته مثل الفيضانات التي لايزال الانسان غير قادر في السيطرة عليها، وفي نفس الوقت يسعى العالم الى توفير الطرق التي يتحقق فيها الامان والراحة وسرعة الوصول.

ج- الهضاب:

تعد الهضاب من الاشكال الارضية التي تشغل حيزا واسعا من سطح الكرة الارضية وباشكال وتكوينات متباينة، فبعضها ذات سطح منبسط واخرى سطحها متضرس، كما تتباين في نوع مكوناتها من حيث الصلابة ، ولكل نوع مشاكل معينة تواجه مد الطرق لذا سيتم تناول كل نوع على حدة وكما تأتي:

1- هضاب منبسطة:

تتكون بعض الهضاب من تكوينات صخرية جيرية او طباشيرية او أي نوع من الصخور الرسوبية الأخرى والتي من خصائصها قابليتها على الذوبان بالماء في المناطق الرطبة التي تتعرض الى سقوط الامطار بكميات غزيرة، وربما تسمح طبيعة الطرق بتجمع المياه فوق بعض المواضع لوجود حفر وشقوق ضمنها او لانخفاضها عما يجاورها او فوق المناطق المحاذية لتلك الطرق مباشرة، فتعمل تلك المياه على إذابة بعض مكونات الطريق فينتج عنها تشقق الطبقة العليا منه وتسرب المياه الى الطبقة التي تليها فتعمل على أضعاف تماسكها وصلابتها ومن ثم هبوطها.

وتزداد المشكلة تعقيدا عند مرور مركبات الحمل الثقيلة فوقها فتعمل على توسع تلك الحفر والشقوق وهبوط تلك المواضع، وقد تصل الى حد يصعب معه مرور المركبات الصغيرة من تلك المواضع.

وتحدث مثل تلك الظاهرة في بعض المدن وخاصة التي لا تتوفر فيها شبكات لتصريف مياه الامطار والصرف الصحي تعمل بشكل كفوء، فتوجه مياه الاستعمالات المنزلية والأمطار نحو الشوارع فتتجمع في المواضع المنخفضة وتبقى لفترة طويلة فتؤدي الى تدمير هذه الأجزاء من الشوارع فتتحول الى حفر ومطبات وتكون ذات منظر مشوه للطريق. وهذا ما يجب الانتباه اليه عند تخطيط الشوارع فيجب ان تكون درجة انحدارها كافية لانسياب المياه بشكل طبيعي من الشوارع الفرعية الى الرئيسة ومنها الى مجاري تنقلها بعيدا عن تلك الطرق.

2- هضاب متضرسة:

تتميز بعض الهضاب بقلة انبساطها وتموج سطحها لما تتضمنه من تلال وهضاب صغيرة (الميسا) ووديان متباينة الابعاد ، لذا يواجه مد الطريق في مثل تلك الهضاب مشاكل عدة تحتاج الى معالجات وإجراءات لتجاوزها، ففي بعض المواقع يعترض الطريق تلال او هضاب صغيرة في مثل هذه الحالة اما ان ترفع تكويناتها السطحية للحفاظ على مستوى الطريق واستقامته أو تغيير المسار إذا كانت تكويناتها رملية او تتضمن أشكال كارستية تؤدي الى هبوط الطريق في المستقبل، وفي حالة عدم وجود إمكانية للقيام بتلك الإجراءات تتخذ إجراءات أخرى لتحسين تلك التكوينات مثل استبدالها بمواد اكثر صلابة مثل استخدام صخور صلبة اوكتل كونكريتية.

اما في حالة اعتراض الطريق مناطق منخفضة فيجب دفنها بتكوينات صلبة لرفع منسوبها الى مستوى الأراضي المرتفعة المحيطة بها للحفاظ على مستوى واستقامة الطريق حسب المخطط، وربما يتطلب الأمر رفع بعض تكوينات تلك المنطقة واستبدالها بأفضل منها ذات قدرة تحمل عالية.

وفي حالة اعتراض الطريق أودية فيجب انشاء جسور وقناطر وبأوضاع ملائمة لتلك الطرق وبارتفاع يسمح بعبور اكبر موجة سيل يشهدها الوادي لتجنب مخاطرها التي ادت الى تدمير العديد من تلك الجسور في المناطق الصحراوية التي تعرضت الى

أمطار شديدة نتج عنها سيول عارمة غمرت الجسور فتعرضت إلى عمليات التعرية مع قوة اندفاع المياه التي تضغط بها على الجسور فتعمل على دفعها وتدميرها.

3- الهضاب ذات التكوينات الهشة:

يغطي سطح مساحات واسعة من المناطق الصحراوية تكوينات غير متماسكة كالرمال وتربة اللوس والتي تعد ضعيفة التحمل لذا يكون مد الطريق عبرها مكلفا، وقد يتطلب الأمر أزالتها واستبدلها بأخرى افضل منها، وربما تكون الرمال على عمق كبير يصعب رفعها ومعالجتها ومد الطريق فوقها مثل صحراء الربع الخالي في الجزيرة العربية وبحار الرمال في الصحراء الأفريقية.

وحتى ان تم مد تلك الطرق فهنالك مشكلة اخرى تتعرض لها في تلك المناطق وهي تحرك الرمال والأتربة نحوها فتسبب مشاكل بيئية ومرورية، الأولى تتعلق بتحديد الرؤيا والتلوث والثانية تجمع كميات كبيرة من الرمال فوق الطريق فتؤثر على حركة المرور وتعمل على عرقلته، وقد يتسبب في حوادث ينتج عنها خسائر مادية وبشرية.

وقد حدث هذا في ولاية نيفادا الأمريكية إذ يؤدي زحف الرمال الى تغطية طريق المرور السريع مما يضطر الجهات المسؤولة الى أزالته بين فترة واخرى وتصل الى ثلاث مرات في السنة على الأقل، وفي كل مرة يزاح ما بين 1500و 4000م^3 من الرمال ورغم المحاولات الجادة لتثبيت الكثبان الرملية الاانها لم تفلح .[17]

ومن التكوينات الهشة في المناطق الصحراوية أراضي السبخات التي توجد في المنخفضات الصحراوية التي تتجمع فيها مياه الامطار حاملة معها رواسب واملاح مختلفة هشة وغير متماسكة، وقد تكون تلك المناطق منخفضة الى حد ترتفع فيه مناسيب المياه الجوفية الى مستوى قريب من سطح الارض فتظهر الارض وكأنها محروثة وذلك لجفاف الطبقة الرقيقة السطحية لتعرضها الى الهواء والحرارة فتتكمش تلك الطبقة ويرتفع جزء منها بشكل بارز فيظهر سطحها متضرس، وتعد تلك المناطق ضعيفة التحمل يصعب مد الطرق فوقها الا بعد معالجات مكلفة.

د- مناطق البحيرات والمستنقعات الجافة ومجاري الانهار المطمورة:

يغطي سطح البحيرات والمستنقعات الجافة رواسب غير متماسكة وهشة ضعيفة التحمل لذا تتعرض الى الهبوط والانخساف عند مرور المركبات الثقيلة فوقها، وعليه يجب معالجة تلك التكوينات بخلطها بمواد تحسن من خصائصها او استبدالها بتكوينات افضل.

وكذلك الحال بالنسبة لمجاري الانهار المطمورة او المتروكة التي تتكون من رواسب رملية ضعيفة التحمل تغطيها طبقة رقيقة من الطين، فعند مد الطريق فوقها يتعرض الى الهبوط وربما يصل مستوى المطبات الى حد لايمكن ان تمر السيارات عليها، وهذا ما حدث في مدينة الرمادي في العراق حيث تعرض أحد الطرق المارة فوق نهر مطمور لمسافة لاتزيد عن 1كم الى الهبوط لمرور المركبات الثقيلة عليه وتمت معالجته بحلول ترقيعية عدة مرات والتي لم تجدي نفعا ألا أخرها وهورفع تلك التكوينات واستبدالها بصخور صلبة، وقد كانت تكاليف المعالجة تفوق كلفة انشاء هذا الجزء من الطريق اكثر من ضعفين.

هـ - مناطق التكوينات الجليدية:

تعد المناطق التي كان يغطيها الجليد سابقا والمناطق التي غطتها الرواسب الجليدية من المناطق الضعيفة التماسك والتحمل، حيث عمل التجمد والذوبان على اضعاف تماسك تلك التكوينات، وكذلك الحال بالنسبة للرواسب التي نقلتها الثلوج والمياه الناتجة عن أذابتها فهي ضعيفة التماسك والتحمل، لذا عند مد الطريق فوقها يجب معالجتها من خلال حقنها بمواد صلصالية غير مسامية تزيد من تماسكها.[18]

ومن الجدير بالذكر ان اختيار المواضع الملائمة لانشاء الطريق لا يتوقف على التكوينات السطحية فقط بل يشمل التي تحتها فكلما كانت صلبة وخالية من الشقوق والكسور ساعدت على زيادة قوة تحمل الطبقة العليا وتسهم في إدامة الطريق، وبالعكس إذ يؤدي ضعفها الى تقليل او اضعاف الطبقة التي تعلوها، وعليه يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار نوع تلك التكوينات عند انشاء الطرق.

مكونات الطرق:

تتكون الطرق من ثلاث طبقات رئيسية وكما يأتي:

1- الطبقة السفلى او تحت الأساس:

وتشمل مكونات سطح الارض التي يمر فوقها الطريق والتي تختلف من مكان لاخر عبر المسافة الطويلة التي يمتد عبرها الطريق، حيث تتباين خصائص المكونات فبعضها جيد والبعض الأخر غير جيد ويحتاج الى معالجة، وتعد تلك الطبقة ذا أهمية كبيرة لتركز ضغط حركة المركبات عليها عبر الطبقات التي تعلوها وعليه أي خلل فيها تنعكس أثاره على تلك الطبقات فيتعرض الطريق الى التشقق والهبوط، لذا يجب ان تكون طبقة متماسكة وصلبة ولاتسمح للمياه بالتسرب خلالها وعليه يتم ضغطها بمكائن ثقيلة لزيادة تماسكها وصلابتها.

2- طبقة الأساس:

تقع فوق الطبقة السابقة ويتركز عليها ثقل المركبات والذي يتوزع بشكل متساوي على أجزاء تلك الطبقة فيكون تأثيرها على التي تحتها اقل، لذا يجب ان تتمتع بمتانة عالية بحيث لا تتأثر بعناصر المناخ، لذلك تستخدم كسارة الصخور المختلفة كمواد اولية لهذه الطبقة، وفي حالة عدم توفرها تستخدم الترب الطينية الثقيلة المتماسكة والصلبة وقليلة التأثر بالعوامل الخارجية.

3- الطبقة السطحية:

وتمثل الجزء العلوي او السطحي من مكونات الطريق والتي تكون عبارة عن خرسانة ممزوجة من القير او الإسفلت او الأسمنت والحصى المتوسط الحجم او الصخور المجروشة، والتي تمزج وفق مقادير معينة ففي حالة زيادة نسبة القير تكون الخلطة لينة وقابلة للتمدد عند ارتفاع درجة الحرارة، اما إذا قلت نسبة القير وازدادت نسبة الحصى او الحجر فيكون الطريق خشن وذا مسامية عالية تسمح بتسرب المياه في داخل مكونات الطريق فتعمل على اضعاف تماسكه، ولغرض تجاوز السلبيات التي تتعرض لها الطرق يجب ان تتصف المواد المستخدمة في تلك الطبقة السطحية بما يأتي:

أ- مواد صلبة ذات مقاومة انضغاطية عالية.

ب- قليلة المسامية والنفاذية

ج- خشونة أسطح الحصى والصخور المجروشة لزيادة التماسك والمتانة.

د- قلة تأثر المواد المستخدمة بعناصر المناخ.[19]

المتطلبات الاساسية لأنشاء الطرق:

ان انشاء الطرق يتطلب مراعاة جوانب مختلف تصب جميعها في تحقيق المتانة وقلة المشاكل ومنها مايأتي:

1- طبيعة تضاريس المنطقة ودرجة انحدار سطح الارض وسفوح المرتفعات والأودية.

2- موقع الطريق بالنسبة لشواطئ البحار ومجاري الانهار ومدى تأثيرها عليه من خلال عمليات التعرية والتجوية وما تتضمنه من تعرجات ومنعطفات تزيد في أطوال الطرق.

3- نوع التكوينات السطحية وتحت السطحية في المواضع التي تمر بها الطرق.

4- طبيعة المياه الجوفية ومدى تأثيرها على الطريق عند إنشاءه .

5- انواع التساقط التي يتعرض لها الطريق على طول امتداده مطرية كانت ام ثلجية واثارها على مكوناته وحركة المرور فوقه.

6- نوع البيئة التي يمر بها الطريق واثرها عليه مثل المرور في المناطق الصحراوية وما يتعرض له الطريق من مشاكل منها حركة الرمال، او المرور في مناطق سهلية تتعرض الى مخاطر الفيضانات، او المرور في منطقة جبلية تتعرض الى عمليات سقوط وانزلاق وهبوط.

7- مدى توفر المواد اللازمة لأنشاء الطريق كالقبر والإسفلت والأسمنت والصخور والحصى.

8- اختيار اقصر الطرق واقلها مخاطر واكثر راحة وأمانا .

9- عمل مجاري على جانبي الطريق لتجميع مياه الامطار والثلوج الساقطة فوق الطريق والمناطق المجاورة لها ونقلها بعيدا عنه.[20]

10- عدم السماح بتوجيه مياه الاستعمالات المنزلية والصرف الصحي والأمطار نحو الشوارع والتي تعمل على تدميرها.

11- تخطيط شوارع المدن بشكل يضمن انسياب مياه الامطار نحو مناطق تخصص لتجميع المياه خارج الشوارع.

12- عدم مد انابيب شبكات مياه الشرب والصرف الصحي في وسط الطرق بل تكون ضمن الرصيف المخصص للمشاة، حيث يؤدي مرور المركبات الثقيلة فوق تلك الأنابيب الى تكسيرها وتدمير الطريق، وقد تكون الأثار غير واضحة في البداية الأبعد مرور فترة من الزمن فيتعرض الطريق الى الهبوط او الانخساف.

13- اتخاذ التدابير اللازمة لمواجهة المشاكل القائمة والمتوقعة التي تتعرض لها الطرق المارة من اسفل السفوح والتي تكون مخاطرها كبيرة على مستخدمي الطريق.

2- تخطيط الجسور على مجاري الانهار والاودية الجافة.

تقام الجسور لغرض استمرار الطريق عبر مجاري الانهار والاودية، والتي يتم اختيار مواضعها وفق أسس معينة منها ما يأتي:

أ- اختيار أضيق المناطق ضمن المجرى لغرض الامان وقلة التكاليف.

ب- يتقاطع الجسر مع المجرى بشكل مستقيم وليست مائل لتقليل التكاليف والمخاطر.

ج- عدم إقامة الجسور عند المنعطفات لاتساع المجرى وتركز عمليات التعرية ولارساب فيها اكثر من المناطق التي تميل الى الاستقامة مما يعرضه الى مخاطر فضلا عن ارتفاع التكاليف.

د- ان تكون ضفاف المجرى ذات تكوينات صلبة وقابلية تحملها عالية وقليلة الاستجابة لعمليات التعرية والتجوية ، وفي حالة عدم توفر تلك الخصائص الملائمة فيجب بناء مساند كونكريتية او استبدال التكوينات الضعيفة بأخرى صلبة.

هـ - تصميم الجسور على ارتفاع عال بحيث لا تؤثر عليه أعلى موجة فيضان يحتمل ان يشهدها النهر للحفاظ على الجسور من التدمير والتي قد يترتب عليها خسائر مادية وبشرية.

اما على الأودية الجافة فيكون الجسر على ارتفاع لا تؤثر عليه السيول عند حدوث زخات مطر شديدة، وتعد مستويات السيول في السنوات الماضية الأساس الذي يمكن الاعتماد عليه عند إقامة الجسور.

و- تصميم الجسور بشكل يتناسب مع طبيعة حركة المرور ونوع المركبات التي ستمر عليه والموضع الذي يقام الجسر فوقه، وعلى العموم تكون الجسور مقوسة في المدن بالنسبة للطرق العادية ومستقيمة في طرق المرور السريع.

ز- عدم السماح للرواسب بالتجمع في قاع المجرى او الوادي أمام الجسور او تحتها والتي تعمل على رفع مناسيب المياه فتؤثر على الجسور والضفاف من خلال عمليات التعرية والانهيار .

ثالثا- تخطيط المطارات:

تخطط المطارات حسب الخدمة التي تؤديها فبعضها للنقل داخل البلد وخارجه واخرى لأغراض محددة وتسمى بالمطارات الثانوية مثلا للأغراض العسكرية او الزراعية او التصوير الجوي او أي خدمة محددة، واستنادا لذلك يتم تخطيط الممرات الخاصة بإقلاع وهبوط الطائرات حسب نوع الطائرة ودرجات الحرارة وارتفاع ارض المطار عن مستوى سطح البحر وميل الارض، وعلى العموم تكون أطوال الممرات كما يأتي:

1- مطارات ثانوية طول الممر ما بين 500—1000م.

2- مطارات محلية طول الممر ما بين 1000—1300م.

3- مطارات رئيسية طول الممر مابين 1300—1800م.

4- مطارات كبيرة للرحلات داخل القارة طول الممر ما بين 1800م—2300م.

5- مطارات كبيرة جدا للرحلات بين القارات طول الممر مابين 2300—3300م.

وتتخذ الممرات أوضاع مختلفة منها منفردة واخرى مزدوجة او متقاطعة اوعلى شكل حرف (V)، وعليه يحتاج كل نوع من المطارات الى منشآت ومواقف سيارات وخدمات وهذه تحتاج الى مساحة واسعة من الارض والتي نصل الى 20 كم^2 واقل من ذلك في المطارات الصغيرة.[21]

العناصر التي يجب مراعاتها عند تخطيط المطارات:

1- ان تكون الارض منبسطة وذات انحدار بسيط لغرض تصريف مياه الامطار والصرف الصحي خارج منطقة المطار، وكذلك لتامين تصريف المياه الجوفية بشكل طبيعي دون الحاجة الى محطات ضخ نحو المناطق الواقعة خارج المطار.

2- ان لاتكون المنطقة حوضية تحيط بها الجبال التي تعرقل عمليات الإقلاع والهبوط.

3- انبساط ارض المطار بحيث يسهل انشاء الممرات عليها في اتجاهات مختلفة لتأمين عمليات الإقلاع والهبوط.

4- توفر المياه من مصادر مختلفة سطحية او جوفية لسد حاجة الاستعمالات المختلفة.

5- ان تكون ارض المطار ذات تكوينات متماسكة وقدرة تحملها عالية لاستقبال الطائرات الكبيرة.

6- عدم تأثر ارض المطار بالنظام الهيدرولوجي سواء المياه السطحية او الجوفية.

7- مدى التعرض الى العواصف الرملية والغبارية التي تؤثر على مدى الرؤيا، كما تؤثر على الممرات عند تجمع الرمال والأتربة فوقها فتعرقل عمليات الإقلاع والهبوط.

8- نوع المناخ السائد من حيث الحرارة وتساقط الامطار والثلوج والرياح والضباب ومدى تأثيرها على الطيران.

ومن الجدير بالذكر ان الخصائص الطبيعية المختلفة جيولوجية وهيدرولوجية جيومورفولوجية تتباين من مكان لاخر، وربما لا توجد منطقة تتوفر فيها جميع الشروط الملائمة لأنشاء المطارات، اذ تتباين المشاكل من منطقة لأخرى وبعضها يمكن معالجتها واخرى مكلفة المعالجة او غير مجدية، ويمكن ملاحظة ذلك من خلال المقارنة بين مناطق متباينة في خصائصها وكما يأتي:

1- السهول الفيضية:

تتميز السهول الفيضية عن غيرها من مظاهر السطح بما يأتي:

أ- انبساط الارض وعلى نطاق واسع .

ب- ارتفاع مناسيب المياه الجوفية.

ج- التعرض الى مخاطر الفيضان بشكل مباشر او غير مباشر.

د- قدرة مكوناتها على التحمل ضعيفة لقلة تماسكها .

هـ- توفر المياه لسد حاجة الاستعمالات المختلفة.

2- ارض المدرجات النهرية:

ان ما تتميز به المدرجات يتمثل بما يأتي:

أ- الارض المنبسطة محدودة المساحة.

ب- جيدة التصريف لمياه الامطار وغيرها.

ج- عدم التعرض الى أخطار الفيضانات لارتفاعها عن مستوى مجاري الانهار.

د- عدم التأثر بالمياه الجوفية، حيث لا تساعد تكويناتها على خزن المياه في طبقاتها العليا فضلا عن ارتفاعها وابتعادها عن مصادر تلك المياه.

هـ- قدرة تحمل تكويناتها جيدة.

2- الهضاب الصخرية المنبسطة:

تعد الهضاب المنبسطة من المناطق التي تتمتع بالعديد من الخصائص منها ما يأتي:

أ- ارض منبسطة واسعة المساحة.

ب- قدرة تحملها عالية خاصة في المناطق الجافة وتقل في المناطق الرطبة وخاصة التي تتكون من صخور كارستية تذوب في الماء.

ج- عدم التعرض لأخطار الفيضان.

د- قلة توفر المياه .

❖ دور التضاريس في البحث عن الموارد الطبيعية.

تعد المعلومات الجيومورفولوجية ذا أهمية كبيرة في التعرف على بعض مكامن الموارد الطبيعية والتي تمثل العنصر الأساسي للتنمية الاقتصادية في جميع دول العالم، حيث تمثل البيئة الطبيعية اليابسة والمائية، الحارة والباردة، مسرحا للنشاط البشري بانواعه المختلفة، إذ تحدد المعطيات الطبيعية نوع النشاط البشري الذي يمكن ان يمارسه الانسان في ذلك المكان، والتي تمثل القاعدة الاساسية لتطوره الحضاري.

ويقول فيكتور كنزن(Victor Cansin) اعطني خريطة دولة ما تتضمن معلومات وافية عن موقعها ومناخها وماءها وظاهراتهاالطبيعية المختلفة ومواردها وإمكاناتها الطبيعية، فعلى ضوء ذلك يمكن معرفة نوع الانسان الذي يمكن ان يعيش في مثل تلك الدولة، والدور التاريخي الذي يمكن ان يؤديه، وهذا لآيكن بالصدفة بل على أساس الضرورة التي تفرضها البيئة، وهذا لا ينطبق على فترة معينة من تاريخ حياة الدولة بل كل تاريخ حياتها.[1]

ان الموارد الطبيعية موزعة بشكل غير متوازن في أرجاء الكرة الارضية، لذا توجد دول غنية بمواردها واخرى فقيرة، كما أنها متباينة في أماكن وجودها فبعضها قرب سطح الارض والبعض الأخر في أعماقها وتحتاج الى جهد كبير في سبيل الحصول عليها.

وعملية البحث عن تلك الموارد وتحديد مواقعها يحتاج الى تحري موقعي، والاستعانة بكل الوسائل المتاحة في سبيل ذلك، وتعد المعلومات الجيومورفولوجية من تلك الوسائل التي يمكن الاستفادة منها في التعرف والاستدلال على مواقع ومكامن بعض الموارد ومنها ما يأتي:

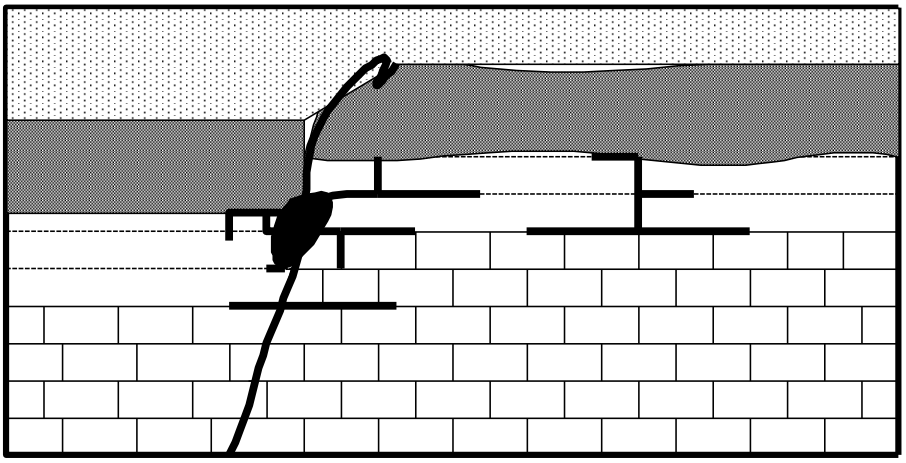
اولا- البحث عن الرواسب المعدنية.

توجد المعادن في الطبيعة بأوضاع مختلفة وهذا له أهمية اقتصادية كبيرة، فوجودها في التكوينات السطحية من الارض يساعد على استغلالها بسهولة، وقد تغطيها طبقة رقيقة من تلك التكوينات يمكن أزالتها ببساطة وبكلفة قليلة.

وقد توجد المعادن على أعماق كبيرة تحتاج الى حفر انفاق طويلة وعميقة في سبيل الوصول أليها، رغم ما يكتنف تلك العملية من مخاطر وخسائر اقتصادية كبيرة الا ان أهميتها وقيمتها الاقتصادية تدفع الانسان الى استغلالها، كما إنها توجد بشكل مبعثر خلال الطبقات الصخرية وبكميات متباينة، لذا يكون استغلال بعضها غير اقتصادي في بعض الأحيان لقلة ما متوفر منها.

وتتخذ المعادن أشكال مختلفة ضمن التكوينات الصخرية، فبعضها على شكل طبقات والبعض الأخر على شكل عروق تمتد خلال الفواصل والكسور والشقوق التي تتضمنها الطبقات الصخرية، شكل رقم(8-1)، أي تتخذ المعادن أوضاعا غير منتظمة ضمن الصخور.[2]

شكل رقم (8-1) مكامن الرواسب المعدنية ضمن التراكيب الصخرية



ويتأثر توزيع المعادن في الطبيعة بعدة عوامل هي:

1- نوع الصخور المتكونة في كل منطقة والتي تتباين في نوع المعادن المكونة لها، فالصخور النارية تحتوي معادن فلزية والرسوبية تحتوي معادن لافلزية.

1- الزمن الجيولوجي الذي تكونت فيه الصخور ، فلكل زمن خصائص معينة تنعكس آثارها على نوع المعادن التي تتكون خلال هذه الفترة.

2- حركات القشرة الارضية التي تتعرض لها الطبقات الصخرية وما يصاحبها من عمليات التواء وانكسار والتي تعد مكامن لتجمع المعادن، فضلا عما ينتج عنها من حرارة وضغط يؤثر على البنية والتركيب الجيولوجي للصخور، والتي تؤدي الى تغير خصائص بعض المعادن فتحولها من نوع لاخر.

3- اثر قوى التعرية المختلفة التي تعمل على كشف بعض المعادن القريبة من سطح الارض بعد إزالة التكوينات التي تغطيها، وربما يحدث العكس تعمل الرواسب التي نقلتها عوامل التعرية على طمر مكامن معدنية، او نقل كميات من الرواسب المعدنية من مكان لاخر.[3]

ان البحث عن الرواسب المعدنية وتحديد مواقعها يحتاج الى استخدام كل الإمكانات المتاحة، ومن بينها الدلائل الجيومورفولوجية والمتمثلة بما يأتي:

1- طوبوغرافية سطح الارض الذي يتأثر بوجود الرواسب والعروق المعدنية لما تتركه من اثار على شكلها او مظهرها والتي تعطي صورة واضحة عن البنية الجيولوجية للمنطقة والتي توحي عن وجود معادن فيها.

2- وجود بعض المعادن على شكل اكاسيد فوق سطح الارض او ضمن التكوينات السطحية والتي من خلالها يمكن الاستدلال على مكامن وجود تلك المعادن.

3- وجود علاقة بين مظاهر السطح وتوزيع الرواسب المعدنية، حيث تم اكتشاف تسعة انواع من الرواسب المعدنية اعتمادا على تلك العلاقة، رغم اختلاف مصادرها مثل الرواسب الغرينية والنهرية والهوائية والساحلية والجليدية والوديان، ومعادن اخرى تعود الى تكوينات مختلفة.[4]

فعلى سبيل المثال خامات الرصاص والزنك في منطقة بروكين هيل باستراليا توجد على شكل حواجز صخرية بارزة فوق سطح الارض، كما توجد في بعض المناطق على شكل حفر وتجاويف ومواضع هابطة يمكن مشاهدتها، ومن الأمثلة الأخرى خامات الحديد في منطقة البحيرات في الولايات المتحدة والتي توجد على شكل تلال صخرية حمراء اللون تسمى بالجبال الحديدية.

4- اثر عمليات التعرية والتجوية التي تستمر لفترة طويلة فتؤدي الى كشف المعادن القريبة من سطح الارض، كما حدث في فنزويلا حيث ادت تلك العمليات الى كشف رواسب الحديد.

5- وجود رواسب معدنية ممزوجة ببعضها مثل الذهب والقصدير والبلاتين مع رواسب السهول الفيضية.[5]

6- يرتبط وجود بعض المعادن بنوع الصخور، فالمعادن الفلزية تعود الى الصخور النارية التي مصدرها الصهير البركاني، حيث تتكون في المراحل الأولى من تبلور تلك الصخور، وقد يرافق اندفاع كتل الصهير وتداخلها مع صخور القشرة الارضية تكون غازات وأبخرة تحتوي عناصر تدخل في تكوين بعض المعادن، فعندما تلتقي تلك الأبخرة مع المياه المتسربة من أعلى القشرة الارضية وحاملة معها عناصر مختلفة فيحدث تفاعل بين عناصر الطرفين ينتج عنه تكون بعض المعادن التي تتجمع في الشقوق والفواصل التي تتضمنها الطبقات الصخرية على شكل عروق.

وقد تتبلور بعض المعادن بشكل مباشر من الصهير البركاني مثل الماجنتايت والالمينايت والكرومايت.

اما المعادن اللافلزية كالجبس والفوسفات والبوتاس فيرتبط بالصخور الرسوبية بالدرجة الأولى، فضلا عن بعض المعادن الفلزية التي تتضمنها تلك الصخور.[6]

ثانيا- البحث عن البترول.

اختلف الجيولوجيون في تحديد اصل النفط فالبعض يؤكد بان اصله عضوي والبعض الأخر ينفي ذلك ويرجح ان اصله يعود الى تفاعلات كيميائية تحدث في باطن الارض بين مواد غير عضوية.

وتأييد الرأي الاول هو السائد الذي يؤكد ان اصل النفط مواد عضوية ترسبت في مواضع معينة واسهمت عوامل عدة في تكوينه، وبمرور الزمن تحرك من مكان لاخرعبر الفوالق والكسور التي تتضمنها الطبقات الحاوية له وتحت تأثير الحركات التكتونية والمياه الجوفية.

ومكامن البترول لا توجد في كل مكان بل في مواضع محددة تتوفر فيها خصائص معينة منها:

1- بيئة جغرافية وجيولوجية تساعد على نمو النبات وعيش الحيوان، والتي تعرضت الى عمليات الترسيب على نطاق كبير فنتج عن تلك الترسبات ضغط وحرارة شديدين كان لهما الأثر الكبير في تكون البترول.

2- وجود طبقات صخرية مسامية وتتضمن تراكيب مختلفة تسمح بتجمع البترول وتحركه، وخاصة الصخور الرسوبية فتعد من افضل انواع الصخور في هذا المجال.

3- توفر مكامن لتجمع البترول بكميات كبيرة، حيث توجد أربعة انواع من المكامن هي:

أ- مكامن ضمن تكوينات جيولوجية انكسارية.

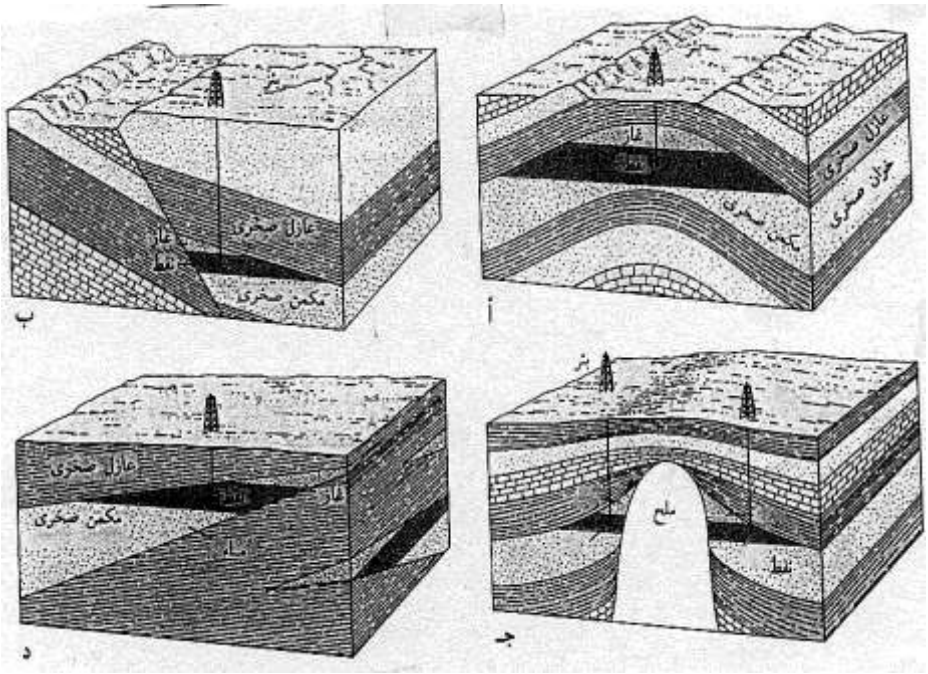
ب- مكامن ضمن تكوينات قبابية محدبة، وتعد ابسط الأنواع اكتشافا.

ج- مكامن تكوينات طباقية، وهي اكثر الأنواع انتشارا.

د- مكامن القباب الملحية، وهي اقل الأنواع انتشارا.[7]

وعلى العموم يتجمع البترول في التكوينات ذات التطبيق غير الاعتيادي مثل مناطق الطيات والكسور والقباب والمحدبات، الاشكال(8-2) وفي اغلب الأحيان يوجد الغاز في القمة والماء في الاسفل والبترول في الوسط حسب كثافة تلك المواد، ويوجد الغاز غالبا متحلل مع البترول.[8]

شكل رقم(8-2) مكامن النفط ضمن التراكيب الصخرية المختلفة



ومن الدلائل الجيومورفولوجية التي يمكن الاستفادة منها في التعرف على مكامن البترول ما يأتي:

1- وجود علاقة وثيقة بين طوبوغرافية الارض والتركيب الجيولوجي لحقول النفط وخاصة الاشكال المحدبة والمقعرة والقباب الملحية، فعلى سبيل المثال حقول نفط الخليج والفنزولي توجد ضمن قباب ملحية.

2- نمو بعض الاشجار قرب مكامن وجود البترول والتي تتضمن معادن معينة يرتبط وجودها بوجود النفط والتي تمتصها تلك الاشجار فتؤثر على لون اوراقها فتظهر بشكل يختلف عن اللون الطبيعي لتلك الاشجار في الأماكن البعيدة عن وجود النفط.

3- وجود علاقة بين طبيعة التصريف النهري والتكوينات الحاوية البترول، حيث تتعرض المجاري المائية الى الانحراف والشذوذ عن النمط العام وخاصة في المناطق ذات الانحدار البطيء، فعلى سبيل المثال نمط التصريف السائد الشجري فانه يتغير بشكل غير مألوف الى شعاعي او مركزي او منحرف، كما يتغير شكل الوادي من عميق الى ضحل او من ضيق الى واسع او من مستقيم الى متعرج.

وربما يعود هذا الشذوذ الى وجود انحراف محلي في البنية الجيولوجية نتيجة لحركة تنشيط تكتوني. وقد ساعدت الظروف على وجود النفط في مثل تلك التراكيب.

وقد أكد فيكري عام 1927 ان العلاقة بين مظهر سطح الارض وتكون النفط واضحة في حقول لوس أنجلوس وكاليفورنيا، كما أشار ليفرسون عام 1934 الى ان معظم خزانات البترول الكبيرة توجد في مناطق غير متوافقة في امتداد الطبقات الصخرية، وخاصة التي تمثل أسطح تكوينات قديمة تغطيها رواسب حديثة، وهذا يعني ان للبنية والتركيب الجيولوجي دور كبير في وجود النفط ومن الأمثلة على ذلك بترول تكساس ومشيغان الذي يوجد ضمن تكوينات جيرية ذات سمك كبير ومسامية عالية ساعدت على تحلل المواد العضوية بفعل المياه الجوفية المتجمعة فيها، كما سمحت طبيعة التكوينات بتجمع كميات كبيرة من البترول، وهذه الخاصية لا تتوفر في الطبقات غير السميكة.[10]

وقد وجدت مكامن النفط في تكوينات متباينة في تركيبها وبنيتها ومنها ما يأتي:

أ- تكوينات كارستية مدفونة.

ب- أر سابات نهرية ساحلية.

ج- أسطح انفصال مدفونة.

د- دالات مروحية قديمة.[11]

ثالثا- البحث عن المياه الجوفية.:

تعد المياه الجوفية ذا أهمية كبيرة في حياة الشعوب التي تعيش في مناطق لاتتوفر فيها انهار، وتلك المياه لاتتوفر في كل مكان بشكل يمكن استغلالها، إذ يتحكم بوجودها عدة عناصر منها ما يأتي:

1- طبيعة التساقط.

2- طوبوغرافية الارض.

3- التكوينات السطحية وتحت السطحية.

4- البنية والتركيب الجيولوجي للطبقات الصخرية وما تتضمنه من تراكيب اولية وثانوية تساعد على تجمع المياه.

ان نوعية تلك المياه ومدى صلاحيتها للاستعمال البشري يعود الى مصدر تلك المياه و نوع التكوينات التي توجد فيها مكامنها، فمن حيث المصدر تعد مياه الامطار والأنهار والثلوج من المصادر الرئيسة للمياه العذبة السطحية والجوفية، اما من حيث التكوينات فالرواسب النهرية ومعظم ترسبات العصر الرباعي من افضل التكوينات التي لا تؤثر على نوعية المياه، وهذا ما يلاحظ في العراق حيث تكون مياه هضبة الجزيرة الواقعة بين نهري دجلة والفرات افضل من مياه الهضبة الغربية.

ان ما يهمنا في هذا المجال البحث عن تلك المياه لتحديد مواقع تجمعها، حيث توجد عدة اساليب منها ما يأتي:

1- الطرق الفيزيائية بأساليبها المختلفة وخاصة الطريقة الزلزالية.

2- التصوير الجوي، والذي يتطلب طيرانا على ارتفاع منخفض نسبيا للحصول على قدرة تميزيه عالية في المكان المطلوب البحث عن المياه فيه، ويستخدم الماسح الخطي الحراري لهذا الغرض والذي يعتمد على حرارة المياه الجوفية التي تختلف عن حرارة المياه السطحية، كما تستخدم الموجات المايكروية وطرق الحث الكهربائي بالموجات الراديوية.[12]

3- الدلائل الجيومورفولوجية.

يمكن الاستفادة من تلك الدلائل في البحث عن مكامن المياه الجوفية وتحديد مواقعها، والمتمثلة بما يأتي:

أ- وجود رواسب تبخريه سطحية في أماكن محددة ومتميزة عن ما حولها ناتجة عن تبخر مياه جوفية صاعدة الى سطح الارض بفعل الخاصية الشعرية في المناطق الجافة.

ب- ظهور الرطوبة في مكان دون أخر بشكل متميز والذي يشير الى وجود مياه في التكوينات التي تحتها.

ج- نمو نباتات في مناطق دون اخرى يدل على وجود مياه في تلك المناطق.

د- المظهر التضاريسي في المنطقة وطبيعة انحدارها والذي من خلاله يمكن تعيين مواقع تجمع المياه في تكويناتها.

هـ- طبيعة التكوينات تحت السطحية، اذ تتحكم نوعية الصخور من حيث البنية والتركيب في تجمع المياه، اذ لاتسمح الصخور الصماء بوجود المياه ضمنها بل تعمل على تجمعها فوقها وعدم السماح لها بالتسرب الى التي تليها، في حين تسمح الصخور المسامية بذلك والتي تحتوي على مكامن كبيرة لمسا ميتها العالية وكثرة الفواصل والشقوق والفجوات ضمنها ، و تؤدي عمليات التحلل المستمر الى توسعها واتصال بعض الفجوات ببعضها، كما يكون للتراكيب الاولية والثانوية من التواء وانكسار دور في تجمع تلك المياه.

رابعا- البحث عن الصخور.

توجد الصخور في الطبيعة بأنواعها المختلفة الرسوبية والنارية والمتحولة وبأوضاع مختلفة منها ظاهرا على سطح الارض والبعض الأخر طبقة من التربة او الفتات الصخري أو الحصى والرمل، وكلما زاد سمك تلك الطبقات ارتفعت تكاليف استغلالها.

والصخور تكونت في بيئات مختلفة، فالنارية تعود الى بيئة بركانية والرسوبية الى بيئة بحرية قديمة، وتختلف تلك الصخور عن بعضها في خصائصها الفيزيائية والكيميائية، كما تتباين في الوضع الذي تتخذه ضمن مكونات القشرة الارضية، حيث تكون الرسوبية طبقية والنارية كتلية.

ويمكن تحديد مواقع وجودها في الطبيعة وفق البيئات ومظاهر السطح. حيث تقل في السهول الفيضية وتكثر في المناطق الجبلية والهضاب والصحارى، ولغرض تحديد المواضع التي تنتشر فيها تلك الصخور يكون من خلال مكاشف الطبقات التي تظهر فيه الصخور واضحة مثل سفوح المرتفعات والاودية والهضاب وشواطئ البحار وضفاف الانهار، وفي حالة عدم توفر مثل تلك الحالات يمكن إزالة الرواسب والمفتتات الناعمة التي تغطي السفوح في المناطق التي يراد معرفة نوع صخورها، كما يكون للزلازل والبراكين دور في التعرف على نوع الصخور، اذ تنتشر الصخور النارية في المناطق التي تتعرض الى البراكين ، وتظهر في المواقع التي تتعرض الى الزلازل شقوق كبيرة يمكن من خلالها معرفة نوع الصخور.

خامسا- البحث عن الرمال والحصى.

تعد الرمال ذا أهمية كبيرة في النشاط البشري على اختلاف أنواعها، اذ تمثل عنصرا أساسيا في المنشأت العمرانية وعدد من الصناعات، وتوجد الرمال في الطبيعة بأشكال مختلفة حسب المصادر التي ادت الى وجودها ومنها ما يأتي:

1- رمال نهرية.

تعمل المسيلات والجداول المنتشرة في أحواض الانهار على تعرية الرواسب الرملية ونقلها الى مجرى النهر الرئيسي فيتركز ترسيبها فوق الجزر والضفاف المنعطفات الداخلية ودلتوات الانهار عند مصباتها، كما يوجد الرمل النهري ضمن تكوينات المدرجات النهرية اما على شكل طبقات منفصلة عن التكوينات الأخرى او مختلطة مع الحصى والغرين، وتنتشر الرمال النهرية

في منطقة السهول الفيضية اما ظاهرة او مطمورة تحت طبقات طينية، خاصة في المناطق التي كانت مجاري نهرية سابقة، ومن العلامات الدالة عليها البحيرات الهلالية والمدرجات النهرية التي تمثل ضفاف المنعطفات الخارجية المرتفعة عن المناطق المجاورة لها، والمثال على ذلك الرمال الموجودة في السهل الفيضي في العراق، والتي تنتشر في مجاري الانهار القديمة وفي المدرجات النهرية الواقعة عند حافات الهضبة الصحراوية المحاذية للسهل الفيضي ومعظمها مختلط مع الحصى، ومن الأمثلة على الرمال عند مصبات الانهار ما موجود في دلتا نهر النيل عند شاطئ البحر المتوسط والتي تتميز باللون الأسود لاحتوائها على معادن ذات قيمة اقتصادية لذا تدخل في صناعات عدة، وقد يختلط بعضها بترسبات بحرية والتي تعمل الأمواج على إعادة قسم منها الى الشاطئ وبكميات كبيرة.[13]

يميل لون الرمال النهرية بصورة عامة الى الأزرق الفاتح لاحتوائها على نسبة عالية من السيلكات.

2- رمال بحرية.

وتتمثل بالرمال التي جلبتها الأمواج والتيارات البحرية وحركات المد والجزر عند شواطئ البحار والمحيطات، وتظهر بشكل واضح في الشواطئ البطيئة الانحدار والتي تتعرض الى أمواج تغمر مساحة كبيرة منها باتجاه الساحل المرتفع فتنقل معها تلك الرمال فتترك جزء منها فوق تلك الشواطئ وتحمل المياه الراجعة قسم منها الى البحر، وقد كان لانحسار مياه البحار دور كبير في وجود ها منذ القدم على مسافات ومستويات متباينة والتي تكون في بعض الأحيان مختلطة بالحصى، والتي تعود في وجودها الى العصور المطيرة القديمة التي ادت الى ارتفاع مناسيب المياه وانخفاضها بين فترة واخرى، فنتج عنها وجود الرمال في مناطق مختلفة حسب القرب والبعد من مصادرها والتي تكون ذات لون يميل الى البياض او الاصفرار حسب المصدر الذي اشتقت منه، وتعد تلك الرمال ذات أهمية كبيرة حيث تستغل القريبة من البحار للأغراض السياحية والتي تفضل على غيرها من الرواسب كالطينية والحصوية، كما تستغل في بناء المشاريع الهندسية المختلفة.

3- رمال صحراوية.

يعود وجود تلك الرمال الى الرياح التي جلبتها من أرجاء الصحراء الواسعة ورسبتها في المناطق المنخفضة، او جلبتها السيول الناتجة عن زخات مطرية شديدة فتجمعت بكميات كبيرة عند نهاية موجات تلك السيول، وهي ذات لون يميل الى الاحمرار او الاصفرار متميز عن الأنواع السابقة، وفي الغالب تكون ظاهرة على سطح الارض او تغطيها طبقة غير سميكة من التربة، وتستغل في مجالات عدة بعد غسلها وتنظيفها من الأملاح والمعادن الطينية التي اذا كانت بنسبة كبيرة تجعلها غير صالحة للاستعمال في مجال العمران، ويوجد في الصحراء رمل ناصع البياض والذي يعد من المواد الاولية في صناعة الزجاج ، وتوجد كميات كبيرة منه في الصحراء الغربية من العراق لذا تم انشاء مصنع في المناطق القريبة منه.

1. المجالات التطبيقيةالجيومورفولوجية في الميدان الحربي:

وتتناول الامور التالية:

1-امكانية القدرة على اجتياز وعبور الأراضي بالسيارات والآليات (الدبابات والناقلات وغيرها من الآليات الثقيلة) والمشاة بحيث يتم الابتعاد عن الطرق والمسالك الصعبة والخطرة التي تعيق تحرك القوات بصورة حسنة خلال المعركة فيجب قياس مدى سرعة خطوات الجندي فوق الأراضي الخشنة والناعمة والحصوية والصخرية وتقاس أيضاً سرعة السيارات والآليات الثقيلة في الصحراء الرملية أو الحصوية أو الصخرية أو فوق الاراضي الجبلية والمنخفضة والسهلية

2-اختيار أفضل الاماكن القريبة لاقامة مهابط ومدرجات للطائرات لتكون قريبة من المعركة.

3-اختيار أفضل المناطق لانزال رجال القوات الخاصة (المظليين) مع مستلزماتهم من الأسلحة والطعام بحيث يتم اختيار المكان المناسب ليصل المظلي سليماً وتوفر له ظروف هجومية دفاعية ممتازة في وقت واحد.

4-لتغير أشكال سطح الارض وإيجاد أشكال تضاريسية مناسبة عسكرياً ومن أمثلة ذلك: حفر الخنادق فالسهولة في حفر الخنادق مهمة جداً للقائد من أجل السرعة وذلك للاحتماء بالخنادق.

فقد تطورت فكرة حفر الخنادق عند العسكريين عبر التاريخ فمثلاً في غزوة الخندق حيث أشار سلمان الفارسي على النبي{ بحفر خندق فقد تعاون الرسول الكريم مع المسلمين بحفر خندق مناسب من الناحية الدفاعية عن المدينة أما بقية الأطراف التي لم يحفر فيها الخندق فكان على اعتبار أن المدينة المنورة تحميها تضاريس طبيعية جبلية عالية جداً ولذلك بني خط "ماجينو" اثناء الحرب العالمية الثانية على نفس المفهوم ولا ننسى بأن خط بارليف هو صورة من الصور التضاريسية الدفاعية حيث يمتد في خنادق عميقة جداً تبدأ من عند جبل شاهق صعب الاجتياز من جبال سيناء إلى البحر المتوسط في الشمال .

5- لتحديد الأراضي الصالحة لاقامة مخابيء سرية وملاجيء تحت الأرض.

6- بناء استحكامات عسكرية قوية للمدفعية ذات الرماية المستقيمة لأن الأمر يتطلب صلابة في الاساسات لمرابض المدافع .

7-اختيار أسلحة معينة في كل معركة محتملة وذلك حتى تلائم ظروف أرض المعركة حيث يصنع كل قائد حساباته لمقدرة حركة الآليات والمشاة وسرعة كل مجموعة على طبيعة ونوعية الارض المحتمل قيام عليها المعركة فمثلا سرعة المشاة والآليات فوق الأراضي الطينية تختلف عن سرعتها فوق الأراضي الرملية والصخرية فيفضل استعمال الآليات المجنزرة التي لا تسير على العجلات المصنوعة من الكاوشوك لان العجلات معرضة للعطل ولا ننسى بأن سرعة المشاة فوق الأراضي الطينية المبتلة تعرقل سير المشاة حيث يتعرض أفراد المشاة للانزلاقات ويتعرض أفراد المشاة فوق الأراضي الكارستية التي تحتوي على أشباه الخرائب والحفر ففي الحرب العالمية الثانية وبالتحديد معركة العلمين التي خسر فيها رومل المعركة وقررت هذه المعركة مصير الجبهة الافريقية ومن أسباب خسارة رومل فيها جهلة بطبيعة الظروف القتالية فوق الأراضي الصحراوية.

8-المقدرة في المرور فوق الحواجز الطبيعية وحساب سرعة العبور لمختلف أصناف الجيش المشترك في المعركة ويتمثل ذلك بسرعة بناء الجسور الكافية والمناسبة لعدد المقاتلين وأسلحتهم فوق الأنهار أو الاقنية .

9-اختيار المرتفعات الاستراتيجية لإقامة نقاط المراقبة الجوية والقلاع والحصون عند الممرات الطبيعية ومفارق الطرق فالمرتفعات منذ القدم ماتزال لها أهمية عسكرية استراتيجية كبيرة فالمرتفعات هي أماكن طبيعية محصنة وبالاضافة لذلك ففي الحرب يلجأ العسكريون بزيادة تحصينها .

10-تساعد الجبال والغابات التي هي عبارة عن مكامن طبيعية عسكرية استراتيجية العسكريين والثوار والعصاة القليلي العدد على الاستفادة من هذه المكامن فاهتمام الثوار والعصاة بهذه المكامن يعود لعملهم مخابيء سرية تحميهم من هجمات السلطة الحكومية حيث تتفوق على الثوار بالجيش المدرب والمسلح ذي الامكانات العالية ومن أمثلة ذلك الثورة التي حدثت في عُمان وأهمية الجبال والغابات للثوار أيضاً لانه يصعب السير فيها واستعمال الآليات وأيضاً مدى الرؤية فيها قصير فتساعدهم في القيام بهجوم مباغت .

والغطاء النباتي يعطي وزنا في الحرب فيغير من ميزان المعركة اذا ما قورن بالأرض الغير مغطاة بالنباتات.

11-اختيار أفضل المناطق لحفر الآبار الإرتوازية للحصول على المياه الجوفية .