جامعة : جنوب الوادي
كلية : التربية بالبحر الأحمر

الجيولوجيا الطبيعية
PHYSICAL GEOLOGY
(أساسيات علم الجيولوجيا)
الفرقة االثانية
جيولوجيا ٢عملى

أعداد

الدكتور
أحمد وهب الله محمد

الباب الأول
الخرائـــط الجيولوجيـــة البسيطة

١-١ مقدمـــة عن علم الخرائط :

الخارطة عبارة عن منظر فوقي مصغر لجزء من سطح الأرض في بعدين تمثل فيه الأبعاد والمسافات بمقياس رسم مناسب. ومنها يمكن التعرف على المسافات الفاصلة بـــين الأماكن المختلفة واتجاهاتها، وهذا التعريف يطلق على ما يسمى بخريطة الأساس، والتـــي توقع عليها المعلومات الطبوغرافية والجيولوجية المستقاة من المشاهدات والقياسات الحقلية. ولتوقيع هذه المشاهدات والرصد الحقلي بدقة عالية؛ يجب أن يكون حدود الظواهر الطبيعية والحضارية مبينة بدقة على هذه الخريطة لأن ذلك يساعد على توقيـــع حـــدود المكاشـــف الصخرية والبنيات الجيولوجية. وبصفة عامة يشمل هـــذا المظهـــر التضاريـــسي لمنطقـــة الخريطة، وذلك باستخدام خطوط الكفاف (الكنتور) التي تعطي التأثير الكمي لمناسيب سطح الأرض من ناحية وطبيعة أشكال سطح الأرض. وكذلك يجب أن تشمل الخريطـــة أنـــواع الصخور والبنيات المصاحبة لها .

إن القدرة على قراءة الخرائط الجيولوجية والاستفادة منها في معرفة جيولوجيـــة المنـــاطق التي تمثلها أو توزيع أنواع الصخور فيها أمر مهم بالنسبة لكل جيولوجي أو أخصائي فـــي العلوم التي تحتاج للدراسات الجيولوجية، وذلك لإمكانية اختيار أو استبعاد مواقع اســـتغلال بعض أنواع الصخور أو مواد البناء أو التربة. وهذا أيضاً يمكن الجيولوجي من التعـــرف على أماكن وجود المعادن والمياه الجوفية وغيرها من الثروات الاقتصادية .

تحتوي الخريطة الجيولوجية على عدة عناصر لها أهميتها في توقيع البيانات الجيولوجيـــة ومعرفتها ، وهذه العناصر هي :

١-١-١ العنـــوان (*Title*):

وهو الموجز لمحتوى الخارطة حيث يوضح الغرض الأساسي الذي رســـمت مـــن أجله الخارطة، فمثلا (خريطة جيولوجية لمنطقة وسط السودان) وعادة ما يكتب العنـــوان فى أعلي الخارطة أو أسفلها.

١-١-٢ مقيـــاس الرسم (*scale*):

يعرف المقياس بأنه النسبة بين الأبعاد الخطية على الخارطة، إلى الأبعـــاد الخطيـــة على سطح الأرض . ويلعب مقياس الرسم دوراً مهماً في تحديد كمية المعلومات الجيولوجية التي ستسجل على الخريطة ، وبدونه تفقد الخارطة أهميتها ولايمكننـــا تحديـــد القياســـات البعدية عليها. لذا يجب أن يكون مناسبا ، إذ يؤدي مقياس الرسم الـــصغير إلـــى اختـــصار التفاصيل ، وبالتالي يصعب توقيع بعض البيانات الجيولوجية بدقـــة، وتخـــرج الخريطـــة بمعلومات عامة . هنالك عدة تعابير لمقياس الرسم منها :

أ- المقياس الكتابي : وهو أبسط مقاييس الرسم ويعبر عنه بمسافة معينة علـــى الخريطـــة وهذه تمثل مسافة معينة على سطح الأرض ، مثلا: واحد سم لكل كيلومتر، أو بوصة لكـــل ميل .

ب – المقياس الكسري : ويعبر عن هذا المقياس بنسبة ثابتة، وله شكلان إما كسر اعتيادي أو نـــسبة. فـــي حالـــة الكـــسر يمثـــل البـــسط المـــسافة علـــى الخريطـــة، والمقـــام يمثل المسافة على الأرض، وتكون وحدة القياس من نوع واحد مثلا ١/10000 سم. أما في حالة التعبير في شكل نسبة فتكتب النسبة هكذا ١: 10000 بدون تمييز، فالجزء الأيمن يمثل المسافة في الخارطة، أما الجزء الأيسر فيمثل المسافة على الأرض .

ج- المقياس الخطي أو البياني : في هذه الحالة يعبر عن المقياس بخط مستقيم مقـــسم إلـــى وحدات بالسنتمرات أو البوصات، ويكتب فوق هـــذه الأقـــسام مـــا يقابلهـــا علـــى الأرض بالكيلومترات أو الأميال ، هذا النوع له فائدة كبيرة في معرفة الأبعاد الخطية على الطبيعـــة مباشرة دون الحاجة إلى إجراء عمليات حسابية ، كذلك هذا النوع من المقاييس يبقى صالحاً إذا ما صورت الخارطة، تكبيراً أو تصغيراً.

المقياس الخطي

١-١-٣ المفتـــاح أو الرموز (*Key or Symbols*) :

تستخدم الرموز أو الألوان لتوضيح المعلومات الموجودة علـــى الخريطـــة، وذلـــك للمساعدة في توضيح الظواهر التي يصعب معرفتها نظراً لصغر الخارطة ، وعادة توضع الرموز المستخدمة في الخريطة على أحد جوانبها. ويكتب أمام كل رمز مـــا يعنيـــه وهـــو مايعرف بمفتاح الخارطة. ولكل نوع من الخرائط رموز خاصة به؛ إلا أن هناك اتفاقاً على الرموز المستخدمة في توضيح الظواهر الطبيعية وأنواع الصخور (شكل1-1)

١-١-٤ الموقـــع :

يحدد الموقع باستخدام الإحداثيات (خط الطول وخط العرض) أو استخدام اتجـــاه سهم الشمال في الخريطة التفصيلية، والتي عادة ما تتبعها خريطة دليليـــة وترســـم داخـــل الخريطة في الجزء الأعلى منها .

١-٢ أنواع الخرائـــط :

وتوجد أنواع عديدة من الخرائط نذكر منها الخرائط التضاريسية ، الطبوغرافية ، والخرائط الجيولوجية.

١-٢-١ الخرائـــط التضاريسية (*Relief maps*) :

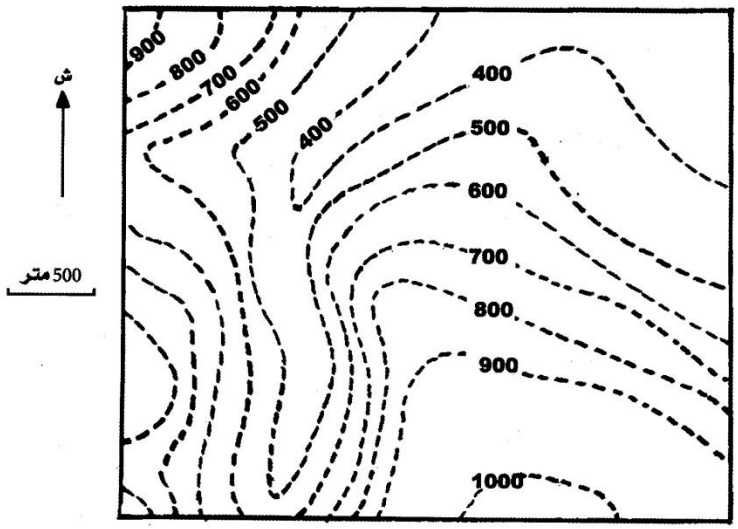
وهي الخرائط التي توضح المظاهر الطبيعية وأشكالها مثل التلال ، الجبال ، الهضاب، الأودية وغيرها من مظاهر الطبيعية في أي مكان.

١-٢-٢ الخرائـــط الطبوغرافية (*Topographic maps*) :

وهي الخارطة التي توضح الشكل الطبيعي لسطح الأرض من تضاريس مدركة في هيئة مرتفعات ومنخفضات، وكذلك تشمل المظاهر الحضارية (المنشآت المدنية) مثـــل الطرق والكباري والسكة الحديد. ويتم تمثيل الظاهرة أو المعلم الطبيعي عليها بواسطة خطوط الكفاف (الكنتور) حيث تمثل أشكال الأجسام الطبيعية بأبعادها الثلاثـــة الطـــول والعرض والارتفاع وتعرف بخارطة خطوط الكفاف (الكنتور)، الشكل (١-٢) يوضح مثال لخارطة خطوط الكفاف (الكنتور).

ويعتمد في الجيولوجيا أساساً على خارطة خطوط الكفاف (الكنتور) في التعرف علـــى المظاهر التضاريسية في أي مكان. حيث يمكن استخلاص، وبسهولة، تلك المظاهر

شكل (1-2) مثال لخارطة خطوط الكفاف (الكنتور)



١-٢-٣ الخارطة الجيــولوجية :

هي الخارطة التي توضح توزيع الصخور على سطح الأرض لمنطقة معينة، كمــا تبين أنواع الصخور المكونة للمنطقة التي تمثلها ، وكذلك تدل على علاقة الصخور ببعضها البعض وتراكيبها البنائية. ويتم تحضير الخريطــة الجيولوجيــة بتوقيــع هــذه المعــالم الجيولوجية على خريطة الاساس (طبوغرافية ، صورة جوية أو فضائية) ويتم إيــضاح مكشف الصخور على الخارطة الجيولوجية بأشكال (زخرفة) أو ألوان مختلفة يشار إليها في مفتاح الخارطة. أما المعالم الخطية، مثل الصداع، وأسطح عــدم التوافــق، وخطــوط

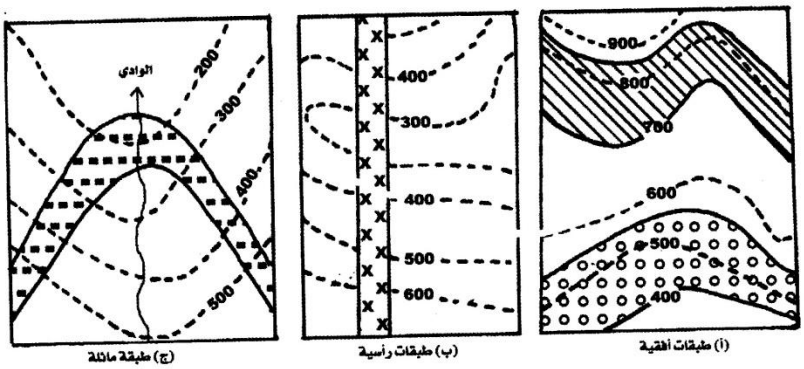
التماس النارية، والحدود (السدود)، ومحاور الطيات وغيرها، فيتم رسمها بواسطة خطـــوط مختلفة الأنواع والسمك أو استخدام رموز (الشكل ١-١) .

يتأثر توزيع المظاهر الجيولولوجية ، اتجاه خطوط الصدوع وعملي الخرائط الجيولوجيـــة بطبوغرافية المنطقة، وخصوصا العلاقة الخاصة بسطح الطبقة شكل (١-٣) :

١- إذا كان السطح أفقيا فإن مظهره يطابق خطوط الكفاف (الكنتور) الشكل (١-٣أ) .

٢- إذا كان السطح رأسياً فحافته الظاهرة تظهر في شكل خط مستقيم علـــى الخارطـــة شكل (١-٣ب) .

٣- إذا كان السطح مائلاً فإن مظهره يكون في شكل خط غير منتظم بانثناءت كوعية، وفي الوديان تشير هذه الانثناءات لأعلى مجرى الماء ، وذلك إذا كان الميل معاكسا لانحدار قاع الوادي ، وتشير إلى أسفل إذا كان الميل ، في نفس اتجـــاه الانحـــدار شكل (١-٣ج) .



شكل (1-3) يوضح مكشف الطبقات الجيولوجية وعلاقتها بخطوط الكفاف (الكنتور)

١-٣ المعالـــم الطبوغرافية (التضاريسيـــة)
Topographic features

من أهم خواص خطوط الكفاف (الكنتور) أنها تعكس المعالم الطبيعيـــة والتـــي يمكـــن التعرف عليها من تقارب أو تباعد خطوط الكفاف (الكنتور)، أي أنهـــا تـــستخدم لتفـــسير الظواهر الطبوغرافية ، وفيما يلي أهم المعالم الطبوغرافية وكيفية ظهورها فـــي الخارطـــة الطبوغرافية :

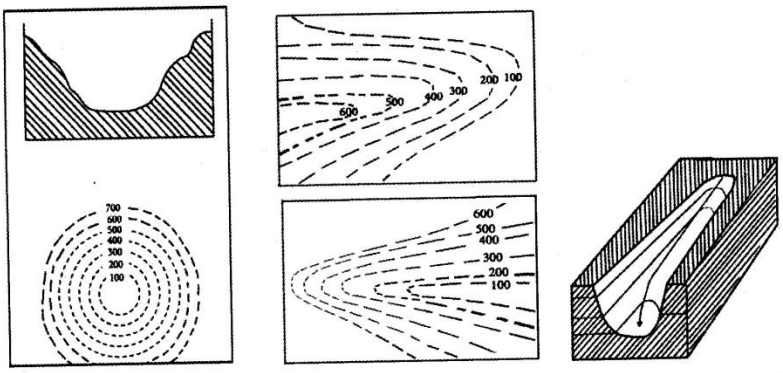
١- الجبل : يُمثَّل على خارطة الكفاف (الكنتور) بخطوط كفاف (كنتور) متزاحمة تزداد قيمتها من الداخل وتقل من الخارج شكل (١-٤أ) .

٢- التل :Hill هو جبل صغير يقل ارتفاعه عن ٦٠٠ متر . وتنحدر جوانبه في جميع الاتجاهات وقد يكون انحداره متساوياً في جزئه العلوي أو عند قاعدته، وقد يكـــون أحيانا شديداً في الجزء العلوي وخفيفاً عند القاعدة. وقد يكون على شكل مـــستطيل أو مخروطي . ويظهر في خارطة الكفاف (الكنتور) في شكل خطوط دائرية تزداد قيمتها إلى الداخل شكل (١-٤ب).

٣- السرج (Saddle): انخفاض بين قمتين في جبل واحد ويظهر في خارطة الكفـــاف (الكنتور) على شكل مساحة خالية مـــن خطوط الكفاف (الكنتور) بين جبلين شكل (١-٤ج).

٤- القبة Dome : مرتفع من الأرض تنحدر جوانبه في جميع الاتجاهـــات ، ويكـــون الانحدار ضعيفاً من أعلى، وشديداً عند الأجزاء السفلى ، وتظهر على الخريطة في شكل خطوط كفاف (كنتور) شبه دائرية .

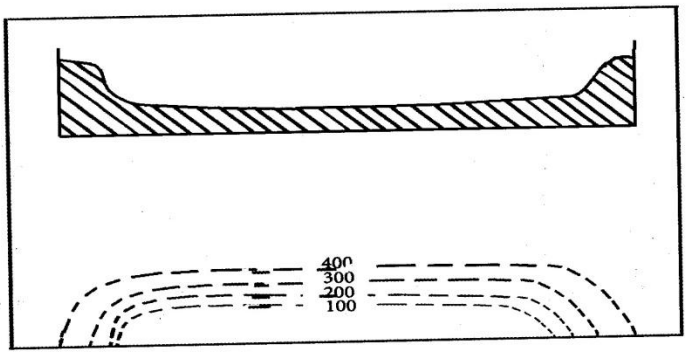
٥- الهضبة (plateau): عبارة عن منطقة واسعة من الأرض ترتفع عن مستوى سطح الأرض من حولها ، وتتميز عن الجبال والتلال بأن سطحها العلوي مستوٍ تقريبا ، وتُمثَّل بمنطقة خالية من خطوط الكفاف (الكنتور) تحيط بها مجموعة متقاربة مـــن خطوط الكفاف (الكنتور) شكل (١-٤ د) .



شكل (1 – 4 ط) الحوض

شكل (1 –4 حـ،ز) الوادي والبروز

١٠- السهل: (plain) عبارة عن أرض منبسطة لها انخفاض بالنسبة لمـــا حولهـــا، ويشغل مساحة واسعة من الأرض، ويظهر على صورة منطقة خالية من خطـــوط الكفاف (الكنتور) يحيط بها خطوط متقاربة تزداد في الارتفاع نحو الخارج شـــكل (١-٤ي).



شكل (1 – 4 ي) السهل

١-٣-١ طريقة رسم القطاعات الرأسية (الطبوغرافية) :

تعريف القطاع الطبوغرافي (Vertical Profile) : عبارة عن مقطع رأسي لجزء من سطح الأرض ، أي هو الرسم البياني الذي يوضح شكل التضاريس لمنطقة ما من مرتفعات ومنخفضات على امتداد خط مستقيم يخترق هذه المنطقة في اتجاه معين، هو تقاطع سطح الأرض مع مستوى رأسي (أثره على المستوى الأفقي) في خط معلوم س ص (الشكل ١- دأ)

طريقة الرسم : يوضع شريط من الورق بحيث تنطبق حافته على خط معلوم يحدد مكان القطاع المراد رسمه في الخريطة مثلا (على امتداد الخط س ص).

تحدد على الشريط بداية ونهاية القطاع ونقاط تقاطع القطاع مع خطوط الكفاف (الكنتور) مع كتابة منسوب كل خط كفاف (كنتور) على نقطة التقاطع مع خط القطاع .

يرسم محوران متعامدان على ورقة رسم بياني بحيث يمثل المحور الأفقي المسافة الأفقية (س ص) بينما المحور الرأسي تمثل عليه قيم الارتفاعات .

يوضع شريط الورق مطابقاً للمحور الأفقي، وتكون نقطة الأصل منطبقة مع بداية القطاع، توقع نقطة كل تقاطع لخطوط الكفاف حسب قيمة ارتفاعها، ثم توصل تلك النقاط لتكوّن القطاع الطبغرافي (Profile) .

يفضل أن يستعمل نفس مقياس الرسم الأفقي للخريطة في القطاع .

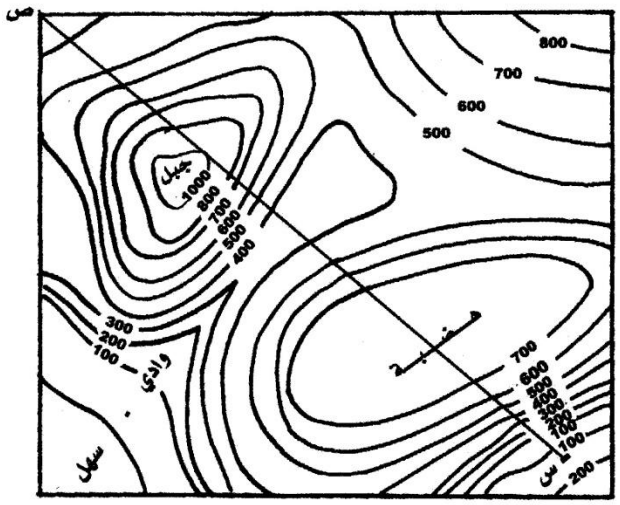
في حالة استخدام مقياس رسم أفقي مساوٍ للمقياس الرأسي؛ تكون الميول الناتجة هي نفسها الموجودة في الطبيعة .

يستخدم مقياس رسم أكبر من الأفقي لإظهار تفاصيل دقيقة في الخريطة، وينتج عن ذلك ميول لسطح الأرض في القطاع تخالف الميول الطبيعية وعليه يحدد ظل زاوية الميل من واقع الأبعاد التي يمكن حسابها، ومنها يمكن حساب مقدار زاوية الميل .

١-٣-٢ مثال لتطبيقات خطوط الكفاف (الكنتور) في توضيح المعالم الطبوغرافية :

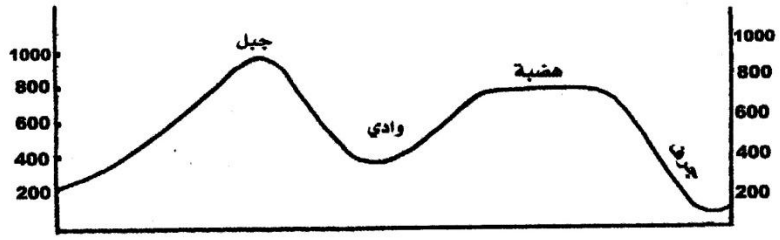
الشكل (١-٥) عبارة عن خريطة كنتورية يظهر عليها عدد من الأشكال الطبوغرافية المذكورة سابقا ، والتي يمكن بسهولة شرحها وهي عبارة عن جبل وجرف وواد وسهل وهضبة ، أيضا تم رسم قطاع طبوغرافي على امتداد الخط س ص الموضح على الخريطة والذي وضح مظهر بعض التضاريس التي يمر عبرها .

التمارين (١ -٢)



شكل (1-5 أ)

شكل (1-5 أ) خارطة الكفاف (الكنتورية) تظهر عليها بعض المعالم الطبوغرافية



شكل (1-5 ب)

شكل (1-5 ب) قطاع رأسي يوضح طبوغرافية المنطقة

١-٤ الطبقـــات الجيـــولوجية البسيطة
Simple Geological Strata

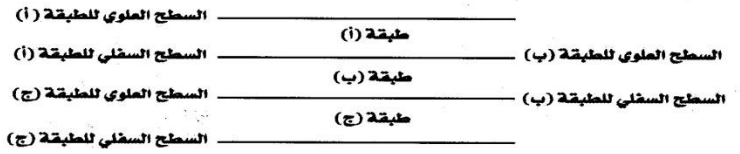
ويشمل ذلك تمثيل الطبقات الأفقية والطبقات المائلة :

١- ٤-١ الطبقـــات الأفقية *Horizontal Beds* :

الصخور الرسوبية هي صخور ترسبت في وسط مائي أو هوائي، وأغلبيتها تـــشكل طبقات أفقية بعضها فوق بعض ، أما الصخور النارية المتدخلة فتوجد في هيئة أشـــكال قاطعة للصخور المضيفة .

الطبقة الجيولوجية : يطلق لفظ الطبقة الجيولوجية على الوحدة المتجانسة ذات التكـــوين الواحد بسمك ١سم فأكثر ، وهي إما أن تكون أفقية أو مائلة أو رأسية.

ويسمـــى السطح الفاصل بين كـــل طبقـــة وأخـــــــرى بمـــستوي التطبيـــق (Bedding plane) ويحد كل طبقة سطحان أحدهما سطح علـــوي والآخـــر ســـطح سفلي، وهو يمثل أيضاً السطح العلوي للطبقة الموجودة أسفلها. شكل (١-٦).



شكل (1 - 6) تحديد أسطح الطبقات

١-٤-١-١ مظهـــر أو مكشف الطبقة :

تظهر أجزاء من الطبقات والتي كانت مختفية تحت الطبقات العليا نتيجـــة لعوامـــل التعرية ، ويسمى هذا الجزء من الطبقة والذي يظهر على منحدرات الجبال، أو على جـــزء من سطح الأرض، بمكشف أو مظهر الطبقة، وهو أيضا يمثل ذلك الجزء المحصور بـــين الخطين اللذين يمثلان تقاطع السطح العلوي والسفلي للطبقة مع سطح الأرض . ويتوقـــف اتساع وشكل مظهر الطبقة على طبوغرافية المنطقة، سمك الطبقة وميل الطبقة.

تعتبر الخريطة الجيولوجية للطبقات الأفقية من أبسط أنواع الخرائط الجيولوجيـــة حيـــث يتساوى ارتفاع جميع النقاط على سطح الطبقات الأفقية، ولذلك فإن مظهرها لـــه صـــفات خطوط الكفاف (الكنتور)، ولذلك يكون مظهر الطبقة الأفقية في الخريطة مطابقاً أو موازياً لخطوط الكفاف (الكنتور) ، أي بعبارة أخرى عندما تكون الطبقة أفقية فإن الخط الذي ينتج من تقابل سطح الطبقة مع سطح الأرض يكون أفقيا .

إذا كان مظهر الطبقة الأفقية على هيئة شريط ضيق هذا يدل على أن الطبقة رقيقـــة أو أن مظهرها يقع على منطقة شديدة الانحدار ، أما إذا كان مظهر الطبقة الأفقية عريـــضاً فـــإن ذلك يدل على أن الطبقة إما أن تكون سميكة أو أن مظهرها يقع على هضبة قليلة الانحدار (الشكل ١-٣) .

يطلق على المسافة العمودية بين السطح العلوي والسفلي السمك الحقيقـــي للطبقـــة (True thickness)، والمسافة بين مظهر أو مكشف سطحي الطبقة السمك الظاهري .

يحسب سمك الطبقات الأفقية بطرح منسوب السطح السفلي من منسوب السطح العلوي.

١-٤-١-٢ تمثيل مظاهر الطبقات الأفقية علي خارطة خطوط الكفاف (الكنتور):

مظهر الطبقة عبارة عن مجموعة من النقاط التي يكون فيها منسوب سطح الطبقـــة مساوياً لمنسوب سطح الأرض نظرا لظهور سطح الطبقة على مستوي سطح الأرض .

لرسم الطبقات الأفقية على خارطة خطوط الكفاف (الكنتور) لابـــد مـــن معرفـــة تتـــابع الطبقات، وارتفاع سطح كل طبقة عن مستوى سطح البحر. وهذا يستدل عليه مـــن مفتـــاح الخارطة، ويتم ذلك بإعطاء نقطة معلومة الارتفاع عن مستوى سطح البحر على خارطـــة

خطوط الكفاف (الكنتور) للسطح العلوي أو السفلي لطبقة معينة محدودة السمك، ثم يعطي بياناً عن نوعية تتابع باقي الصخور .

مظهر الطبقة الأفقية لابد أن ينطبق على أحد خطوط الكفاف (الكنتور)، أو يكون موازياً له، ولتوقيع مظهر هذه الطبقات لابد من معرفة :

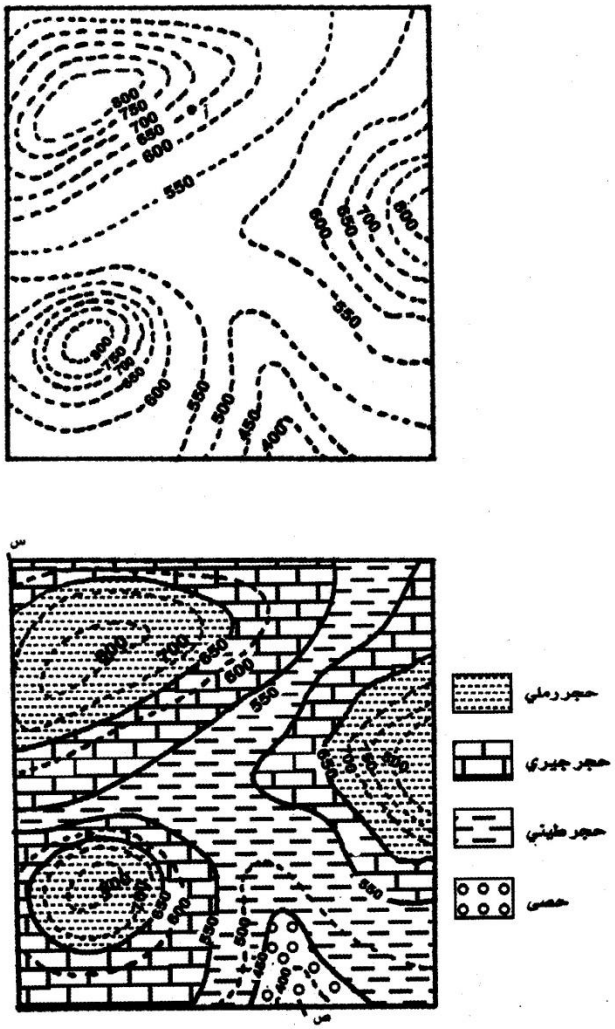
أ- منسوب السطح العلوي أو السفلي للطبقة .

ب- سمك الطبقة ومنسوب السطح العلوي أو السفلي

يتم توضيح مكشف الطبقات الأفقية على الخارطة بتتبع مستوى السطح العلوي أو السفلي لأي طبقة أفقية، ورسمه على الخريطة . وبعد رسم هذا المستوى وبمعرفة السمك الخارجي لكل طبقة من الطبقات المتتالية أعلى أو اسفل هذا السطح يمكن توقيع مكان ظهور جميع الطبقات .

مثال : الشكل (١-٧) يوضح خريطة خطوط الكفاف (الكنتور)، عند النقطة (أ) يظهر السطح العلوي لطبقة من الحجر الجيري سمكها ١٠٠ متر، يليها إلى أسفل طبقة من الحجر الطيني سمكها ١٠٠ متر، ثم يليها إلى أسفل طبقة من الحصى (الكونجلوميرات). وتعلو طبقة الحجر الجيري طبقة من الحجر الرملي غير معلومة السمك . المطلوب رسم مكان ظهور جميع هذه الطبقات على الخارطة .

لنكمل مكشف الطبقات نحدد ارتفاع السطح العلوي لطبقة الحجر الجيري عند النقطة (أ) والذي يقع على خط كنتور ٦٥٠ متر ، نرسم خطاً مستمراً ومنطبقاً على الخط ٦٥٠ متر في جميع أنحاء الخريطة ليمثل السطح العلوي لطبقة الحجر الجيري ، نحدد السطح الأسفل لطبقة الحجر الجيري على ارتفاع ٥٥٠ متر .



شكل (1 - 7) يوضح كيفية تمثيل مظهر أو مكشف الطبقات الأفقية على الخارطة

ويعتبر خط الكنتور ٥٥٠ سطحاً أسفل لطبقة الحجر الجيري، وسطحاً علوياً لطبقة الحجر الطيني. أما السطح الأسفل لطبقة الحجر الطيني فيقع على خط كنتور ٤٥٠ متر ، وأسفل هذا الخط تقع طبقة من الحصى (الكونجلوميرات) . أما طبقة الحجر الرملي فتمثل أعلى طبقة الحجر الجيري، ويعتبر خط الكنتور ٦٥٠ سطحاً أسفل لها.

١-٤-١-٣ حساب عمق الطبقات الأفقية في الآبار :

عمق البئر هو المسافة الرأسية بين سطح الارض وسطح الطبقة المراد معرفة بعدها عن السطح ، ولحساب هذا العمق يجب أن نعرف ارتفاع النقطة التي بدأ منها الحفر على سطح الأرض، وذلك من قيمة خط الكفاف (الكنتور) الذي يمر بنقطة الحفر (البئر)

العمق = ارتفاع نقطة حفر البئر (قيمة الكفاف (الكنتور) عند نقطة البئر) – ارتفاع سطح الطبقة المراد الوصول إليها)

مثال : احسب عمق طبقة الحصى عند النقطة (أ) ، الموضحة في الخريطة شكل (١-٧)

الحل: النقطة (أ) تقع على ارتفاع ٦٥٠ متر، والسطح العلوي لطبقة الحصى يقع على ارتفاع ٤٥٠ متر .

عمق طبقة الحصى عند النقطة (أ) =

٦٥٠ – ٤٥٠ = ٢٠٠ متر

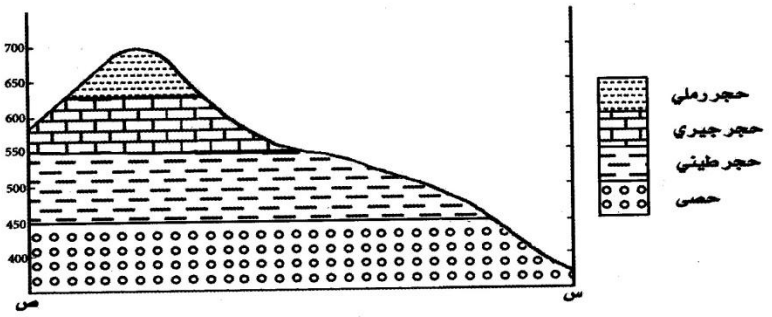
١-٤-١-٤ القطاع الجيولوجي للطبقات الأفقية : *Geological Cross Section*

وقد يطلق عليه المقطع العرضي أو الجانبي أو البروفيل الرأسي، وهو شكل يمثل مقطعاً رأسيا في صخور المنطقة التي تمثلها الخارطة الجيولوجية في اتجاه معين. وهو يوضح ترتيب وشكل الطبقات تحت سطح الأرض ، وهو يرسم على القطاع الطبوغرافي(بروفيل).

ويتم رسم القطاع الجيولوجي للطبقات الأفقية المختلفة من واقع ارتفاعها على الخارطة، أو من مفتاح الخارطة ويكون ذلك برسم خط أفقي يمثل سطح الطبقة المعلوم ارتفاعه ، أو بأضافة أو طرح سمك الطبقات الأخرى المعروف أوضاعها بالنسبة لسطح الطبقة

المذكورة. يمكن رسم خطوط أفقية أخرى تمثل بقية أسطح الطبقات، وبذلك يكتمل رسم التتابع الطبقي في القطاع الشكل (١-٨) يوضح قطاعا جيولوجيا لمكان ظهور الطبقات الأفقية المرسومة على الخارطة السابقة، وهذا القطاع مرسوم على طول س ص الموضحة في الخارطة.

تمارين (٣- ٥)



شكل (1 - 8) قطاع جيولوجي للطبقات الأفقية على امتداد (س ص)

١-٤-٢ الطبقات المائلة
Inclined Strata

١-٤-٢-١ مقدمـــة :

عرفنا مما تقدم أن الصخور الرسوبية عامة ما تتكون فـي شـكل طبقـات أفقيـة (Horizontal strata). ولكن تتأثر هذه الطبقات عند حدوث حركات أرضية، حيث ربمـا تميل الطبقات أو تنثني أو تتصدع .. ألخ. والطبقة المائلة هي التي يميل سطحها الـسفلي والعلوي عن المستوى الأفقي بزاوية قيمتها أقل من ٩٠ درجـة وأكثـر مـن الـصفر، وباستعمال البوصلة الجيولوجية يمكن في الحقل تحديد مقـدار مـضرب الطبقـة وميلهـا واتجاهه (Strike and Dip).

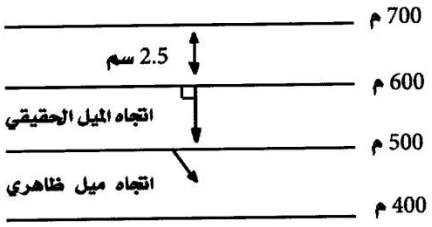
١-٤-٢-٢ خطـوط المضرب أو خطوط الامتـداد (*Strike lines*) :

خط المضرب (الامتداد): هو خط وهمي أفقي موجود على سطح الطبقة، ويمـر بنقاط ذات ارتفاع واحد من سطح البحر على نفس سطح الطبقة. وتكون خطوط المـضرب متوازية، وفي اتجاه واحد، والمسافة العمودية بينها تكون متساوية (شكل ١-٩) .

خطوط المضرب توضح ارتفاعات سطح الطبقة، بينما خطوط الكنتور توضح ارتفاعـات سطح الأرض. ولخط المضرب مقدار وهو قيمة ارتفاعه من سطح البحر، وله أيضا اتجاه يحدد بالبوصلة الجيولوجية، ويكون دائما عموديا علي اتجاه الميل الحقيقي للطبقة (True dip، شكل ١-٩)

وتسمى المسافة الرأسية بين أي خطي مضرب متتاليين فترة الكفاف (Contour interval) وتبتعد خطوط المضرب عن بعضها البعض بمسافات أفقية تسمي المسافة المضربية .

وكما هو الحال بالنسبة لخطوط الكفاف (الكنتور)، فإن خطوط المضرب تتقارب من بعضها البعض إذا كان ميل الطبقة شديدا، وتتباعد كلما قل الميـل ، أي أن المـسافة المـضربية تتناسب تناسبا عكسيا مع الميل ، وتتناقص قيم منسوب خطوط المضارب في اتجاه الميل. أي المضرب الذي يلي مضرب ٧٠٠ في اتجاه الميل هو مضرب ٦٠٠ ويليـه مـضرب ٥٠٠ وهكذا .



شكل (1 - 9) خطوط المضرب والميل الحقيقي والظاهري

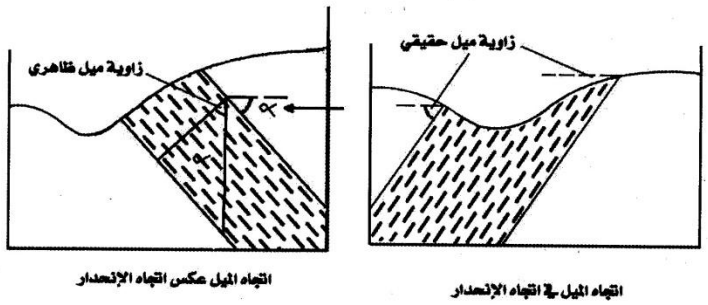
١-٤-٢-٣ ميـــل الطبقة :

أ) الميل الحقيقى: يعرف ميل الطبقة الحقيقي بأنه زاوية الميل الأعظم بين مـــستوى سطح الطبقة والمستوى الأفقي، واتجاهه هو الاتجاه العمودي على خطوط المـــضرب فـــي اتجاه تناقص ترقيم هذه الخطوط.

زاوية ميل الطبقة هي الزاوية المحصورة بين خط الأفق وسطح الطبقـــة، ويحـــدد مقـــدار واتجاه زاوية الميل بالبوصلة الجيولوجية شكل (١-١٠) .

ظل(زاوية الميل) = فترة خطوط الكفاف (الكنتور)

المســـــــافة المضربية



شكل (1 - 10) العلاقة بين اتجاه الميل واتجاه الانحدار

ب) الميـــل الظاهـــري :

يعرف الميل الظاهري بأنه الزاوية بين مستوى الطبقة ومستوى أفقي في أي اتجـــاه غير اتجاه الميل الأعظم ، فإن قيم الميل تتناقص في اتجاه خط المضرب حتى يصل صفراً ويتزايد مرة أخرى شكل (١-٩) .

ظا(زاوية الميل الظاهر) = فترة خطوط الكفاف (الكنتور)

المسافة المضربية الظاهرية

يتزايد الميل الظاهري من الصفر في اتجاه خط المضرب إلى زاوية الميل الأعظم في اتجاه الميل الحقيقي، ثم يقل مرة ثانية حتى يصل للصفر في اتجاه خط المضرب ويتزايـــد مـــرة أخرى وهكذا .

كما يجب هنا التمييز بين الميل والانحدار فالميل يعني انحراف الطبقة عن الأفق ولا علاقة له بالانحدار الذي يعرف بأنه انحراف سطح الأرض عن الوضع الأفقي بالطبقـــات، وقـــد يتفق الميل والانحدار في اتجاه واحد، وقد يكون اتجاه أحدهما عكس اتجاه الآخر شكل (١-١٠)

١-٤-٢-٤ حســاب زاوية الميــل :

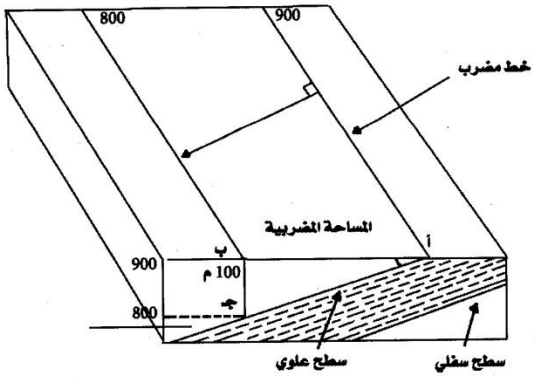
كما ذكرنا سابقا توجد علاقة بين زاوية الميل والمــسافة العموديــة بــين خطــوط المضرب(المسافة المضربية) والمثلث أ ب ج شكل (١-١١)

أ ب = المسافة المضربية

ب ج = فترة خطوط الكفاف (الكنتور)

ظا (زاوية الميل) = فترة خطوط الكفاف (الكنتور) / المســـافة المضربية

عادة ما تكون فترة الكفاف (الكنتورية) تساوي ١٠٠ متر، وهي تمثل الفرق بين قيمة خطي مضرب متتاليين، وبالتالي إذا عرفت قيمة زاوية الميل يمكن استنتاج المــسافة المــضربية والعكس .



شكل (1 - 11) حساب زاوية الميل

مثال (١) احسب المسافة المضربية إذا كان سطح الطبقة يميل بزاوية مقدارها ٣٠° فـإذا علمنا أن فترة خطوط الكفاف (الكنتور) في الخارطة ١٠٠ متر وأن مقياس الرسم هـو ١: ١٠٠٠٠

الحل ظا(زاوية الميل) = فترة خطوط الكفاف (الكنتور)
المسـافة المضربية

ظا 30° = ١٠٠
المسافة المضربية

المسافة المضربية = ١٠٠ = ١٧٠ متر
٠,٥٨٨

وحيث إن مقياس الرسم ١ سم = ١٠٠ متر

المسافة المضربية = ١٧٠ = ١,٧سم
١٠٠

مثال (٢) احسب المسافة المضربية إذا كان سطح الطبقة يميل بزاوية مقدارها 60° فـإذا علمنا أن المسافة الكنتورية ١٠٠ متر وأن مقياس رسم الخارطة ١ سم = ١٠٠ متر .

الحل : ظا ٦٠° = ١٠٠ = ٢٧ متر
المسافة المضربية

المسافة المضربية = ١٠٠ = ٥٧,٨متر
١,٧٣

المسافة المضربية = ٥٧,٨ = ٠,٥٨ سم
١٠٠

من هذا يتضح أنه بمعرفة الميل الحقيقي يمكن حساب المسافة المضربية والتي بواسـطتها يمكن رسم خطوط المضرب في الخارطة.

مثال (٣) تعيين نسبة أو اتجاه الميل الظاهري إذا عرفت قيمة واتجاه الميل الحقيقي واتجاه الميل الظاهري .

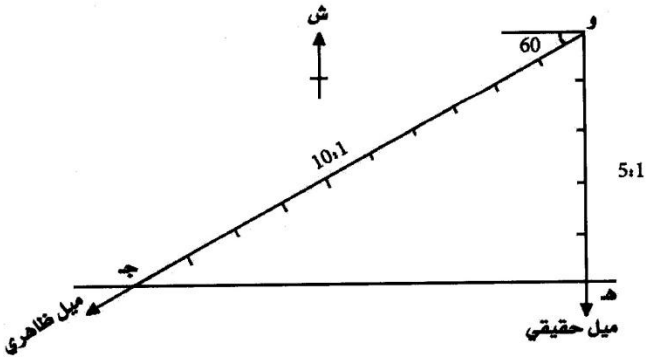
تميل طبقة من الفحم بنسبة ١:٥ في اتجاه الجنوب ، ماهي نسبة الميل الظاهري في الاتجاه 60° جنوب غرب .

الحل :

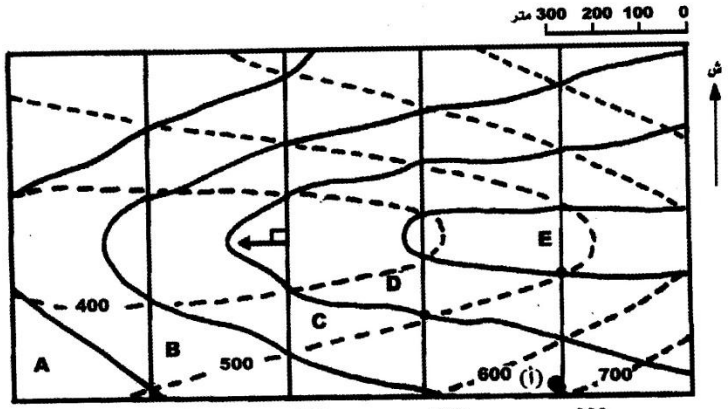
١- يرسم اتجاه الشمال على لوحة من الرسم من أي نقطة ، ويمكن تحديد الاتجاهات المطلوبة بالنسبة له .شكل (١-١٢)

٢- تحديد نقطة ولتكن (و) يرسم منها الخط (وهـ) بطول خمس وحدات طولية في اتجاه الجنوب حيث يمثل اتجاه الميل الحقيقي .

٣- يرسم خط المضرب المار بالنقطة (هـ) ، وبما أن اتجاه الميل الحقيقي نحو الجنوب ، فإن اتجاه خط المضرب هو شرق / غرب



شكل (1 - 12) مثال لحساب قيمة الميل الظاهري بمعرفة الميل الحقيقي



A/B	500	600	700	800
B/C	400	500	600	700
C/D	300	400	500	600
D/E	200	300	400	500

شكل (1-16) خارطة تحتوي على خمس طبقات موضح عليها ترقيم خطوط المضرب لكل سطح طبقة

١-٤-٢-٧ أمثلة عن كيفية رسم منحني الظهور (المكشف)

أولاً : في حالة نقاط الظهور الثلاثة تقع على ارتفاعات مختلفة :

أ- نصل بين أقل النقاط الثلاثة ارتفاعا وأكثرها ارتفاعا كما في الشكل (١- ١٥).

ب- تقسم المسافة بينهما عل عدد من الأقسام يساوي الفرق بين منسوبيهما مقسوما على فترة خطوط الكفاف (الكنتور) .

ج – توصل النقطة الثالثة بالمنسوب الذي يقابلها على الخط المرسوم بين النقطتين وهذا يمثل خط مضرب .

د– ترسم خطوط موازية للخط المرسوم، وتمثل خطوط المضرب للخارطة.

ثانياً : بمعلومية جزء من مكشف السطح الفاصل :

أ– تحدد نقط تقاطع هذا الجزء مع خطوط الكفاف (الكنتور).

ب – توصل النقط ذات المنسوب الواحد فنحصل على بعض خطوط المضرب، وبذلك تحدد المسافة المضربية .

ج – ترسم بقية خطوط المضرب .

د– توصل نقط تقاطع خطوط المضرب، وخطوط الكنتور المتساوية في المنسوب الواحد؛ لتحدد امتداد مظهر سطح الطبقة .

هـ – بمعلومية سمك الطبقة والطبقات الأخرى يمكن تحديد مكاشف الطبقات المختلفة .

١-٤-٢-٨ سمك الطبقة :

١– السمك الحقيقي هو المسافة العمودية بين سطحي الطبقة العلوي والسفلي .

٢– السمك الرأسي هو المسافة الرأسية بين سطحي الطبقة العلوي والسفلي .

٣– السمك الظاهري هو المسافة بين منحنى ظهور السطح العلوي ومنحنى ظهور السطح السفلي للطبقة عند موضع معين، ويتوقف على زاوية ميل الطبقة وانحدار سطح الأرض .

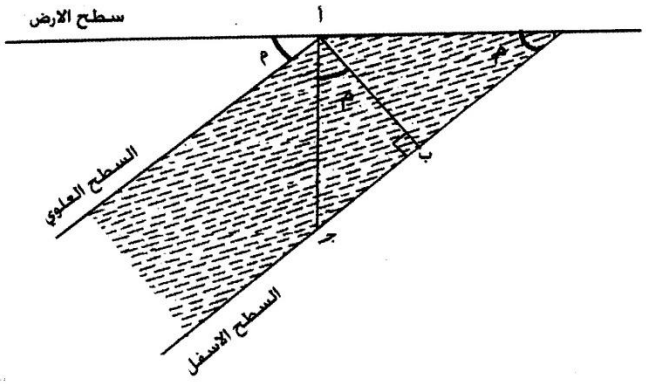
٤– ومن الشكل (١-١٧) تتضح العلاقة بين السمك الرأسي، والسمك الحقيقي، وزاوية ميل الطبقة :

أ ب = السمك الحقيقي

أ ج = السمك الرأسي الظاهري للطبقة

$$\text{جتا م} = \frac{\text{السمك الحقيقي}}{\text{السمك الرأس}}$$

السمك الحقيقي = جتا م × السمك الرأسي



شكل (1 – 17) العلاقة بين السمك الرأسي والحقيقي وزاوية الميل

١-٤-٢-٩ حســاب عمق الطبقات المائلة من الآبــار :

يعرف عمق الطبقة عند نقطة معينة بأنه المسافة الرأسية من ســطح الأرض إلــى سطح الطبقة العلوي أو السفلي، ويؤخذ العمق عادة بالنسبة للسطح العلوي ما لم يذكر غير ذلك .

لتحديد عمق طبقة مائلة تحت السطح من بئر حفر على سطح الأرض، أولا نوجد ارتفــاع البئر وذلك من قيمة خط الكفاف (الكنتور) الذي يمر بالنقطة التي حفرت فيها البئــر، ثــم نطرح من قيمة ارتفاع البئر قيمة ارتفاع سطح الطبقة المائلة المحددة وذلك من قيمة خــط المضرب للسطح المطلوب (قيمة ارتفــاع سطح الطبقة)

عمق الطبقة = منسوب سطح الأرض – منسوب سطح الطبقة

أي قيمة خط الكفاف (الكنتور)عن نقطة البئر – قيمة خط المضرب على سطح الطبقة .

مثال: احسب عمق الطبقة (E) عند النقطة (أ) الموضحة في الشكل (١-١٦) .

الحل :

النقطة (أ) تقع على ارتفاع ٧٠٠ متر وتمر بخط مضرب ٥٠٠ متر لسطح الطبقة E .

العمق = ٧٠٠ – ٥٠٠ = ٢٠٠ متر .

١-٤-٢-١٠ كيفية رسم القطاع الجيولوجي للطبقات المائلة :

لعمل القطاع الجيولوجي لطبقات مائلة في الخارطة شكل(١-١٨) تتبع الخطوات التالية :

أولا : رسم القطاع الطبوغرافي في الاتجاه المحدد كما ذكر سابقا باستخدام خطوط الكفاف (الكنتور).

ثانيا : نحدد على شريط الورق تقاطع مكشف أسطح الطبقات مع خط القطاع، ثم ننقل هذه النقاط على المحور الأفقي للقطاع .

ثالثا : ترفع هذه النقاط رأسيا حتى تقابل خط البروفيل .

رابعا : نرسم خطاً أفقياً أعلى خط البروفيل، ومن أحد نهايتيه نرسم زاوية الميل بواسطة منقلة في اتجاه الميل المعين .

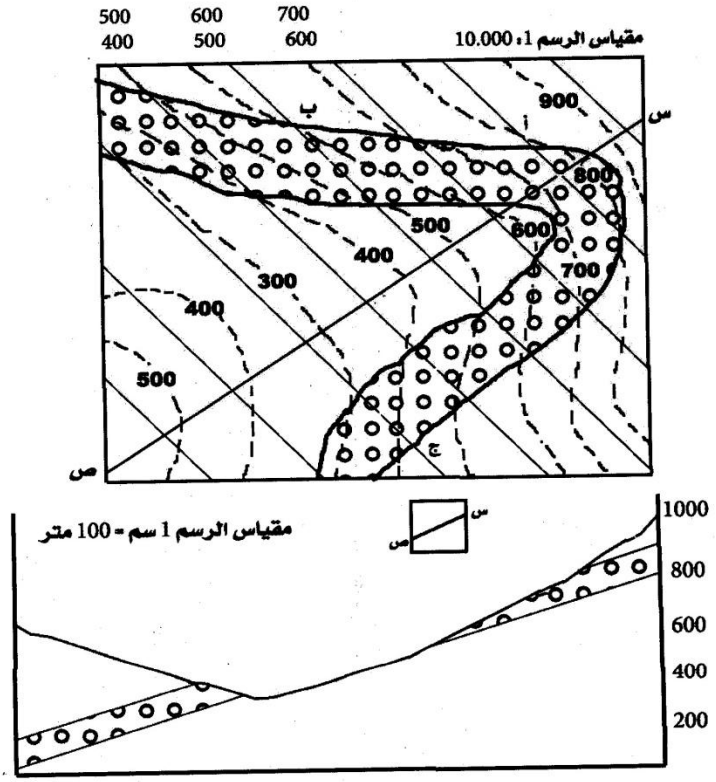
خامسا : نرسم خطوطاً موازية لخط زاوية الميل، وتمر بنقاط أسطح الطبقات الموجودة على خط البروفيل .

يمكن أيضا رسم هذه الطبقات باستخدام خطوط المضرب أي تقاطع خطوط المضرب مع خط القطاع، وباستخدام ثلاث نقاط أو أكثر نحصل على سطح الطبقة.

يجب تحديد اتجاه القطاع ومقياس الرسم على القطاع.

إذا رسم القطاع الجيولوجي في اتجاه موازٍ لخطوط المضرب فإن الطبقات تظهر على القطاع الجيولوجي أفقيا ، وعند رسم القطاع في هذه الحالة تتبع الخطوات السابقة من نقاط تقاطع مكاشف أسطح الطبقات مع خط البروفيل ترسم منها أسطح الطبقات من وضع أفقي.

(تمارين ٦-١٣)



شكل (1 - 18) رسم قطاع رأسي لطبقة مائلة