

# إعداد الخرائط الجيولوجية وتطبيقاتها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

د/ تامر يوسف عمرون

مدرس الجغرافيا الطبيعية ونظم المعلومات الجغرافية  
كلية الآداب، جامعة بني سويف

**DOI:** 10.21608/QARTS.2023.190529.1607

مجلة كلية الآداب بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

مجلة كلية الآداب بقنا - جامعة جنوب الوادي - العدد (٥٨) يناير ٢٠٢٣

ISSN: 1110-614X الترخيم الدولي الموحد للنسخة المطبوعة

ISSN: 1110-709X الترخيم الدولي الموحد للنسخة الإلكترونية

موقع المجلة الإلكتروني: <https://qarts.journals.ekb.eg>



## إعداد الخرائط الجيولوجية وتطبيقاتها في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

### الملخص:

جاء هذا البحث ليوضح ماهية الخرائط الجيولوجية والإجراءات المُحدثة لإعدادها من خلال التعرف على مقاييس رسمها ورموزها وألوانها، وخصائص خطوط مكاشف طبقاتها وخطوط مضارب هذه الطبقات، ومن ثم إجراءات إنشاء وإعداد خرائطها وقطاعات طبقاتها الأفقية والرأسية والمائلة، وكذلك التعرف على خصائص تراكيبها الجيولوجية كالطيات والانكسارات لفهم كيفية تحليل وتفسير الخرائط الجيولوجية. وإن كانت الخرائط الجيولوجية تشارك (في استخداماتها) مع التخصصات الجغرافية والتخصصات الجيولوجية، إلا أن (في إعدادها وتصميمها) تقترب إلى التخصصات الجغرافية، لكونها أحد أنواع (خرائط التوزيعات) والتي هي تخصص أصيل في علم الجغرافيا، حيث يتخصص الجغرافي في إنشاء وتأسيس الأنواع المختلفة من الخرائط، بدءًا من وضع أسس إنشاء الخريطة وأدواتها ومفاتيحها ومقاييس رسمها، وانتقالًا إلى خطوات الرفع المساحي الأرضي لنقاط المناسيب وإحداثياتها سواء للظواهر الطبوغرافية أو لأركان وأبعاد الطبقات الجيولوجية ومكاشفها، ووصولًا إلى تصميم وتوصيل خطوط الكنتور التضاريسية **Contour Lines** وتحديد الفاصل الكنتور **Contour Interval** المناسب بالاعتماد على نقاط المناسيب **Altitude Points**، وفي النهاية تحديد خطوات وطرق رسم النطاق المنكشف من الطبقات الجيولوجية على خطوط الكنتور، وانتهاءً بقراءة وشرح المكونات الطبوغرافية وكذلك الجيولوجية للمظاهر الموجودة في الخريطة، بالإضافة لمحاولة التفسير والتعرف على التاريخ الطبوغرافي والجيولوجي الذي مرت به المنطقة الظاهرة في هذه الخريطة الجيولوجية.

**الكلمات المفتاحية:** الخرائط الجيولوجية، الخرائط الطبوغرافية، التراكيب الجيولوجية، المساحة الحقلية، مكاشف الطبقات، خطوط الكنتور، المناسيب، الطبقات الأفقية، الطبقات الرأسية، الطبقات المائلة، الطيات، الانكسارات.

**تمهيد:**

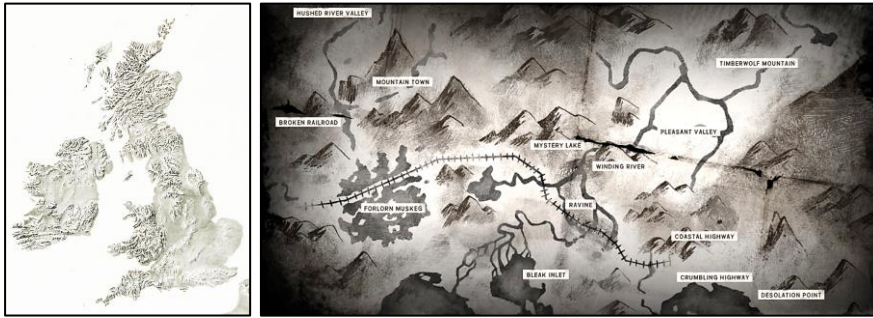
إذا علمنا أن (الإنسان رسم الخرائط قبل أن يتعلم الكتابة) فبال تأكيد ستوحي لنا هذه العبارة عن مدى أهمية (الخرائط) بشكل عام في حياة البشرية، فإن أقدم شعوب العالم نقشت منذ القدم رسومات بسيطة عن دروبها ومحيط حياتها الذي كانت تعيش فيه، وإذا علمت أن الاقتصاد العالمي الحديث يعتمد بشكل أساسي على عناصر أهمها الطاقة المتمثلة حتى الآن في البترول والغاز الطبيعي، وهذان العنصران لا يمكن استخراجهما إلا من خلال دراسات جيولوجية متخصصة عمودها الفقري هو (الخريطة الجيولوجية)، فسيتبين لك بالتأكيد الأهمية الضرورية لإعداد وتفسير الخريطة الجيولوجية حتى وإن كانت هذه الأهمية غير مباشرة، ومن المتعارف عليه أن الجغرافيين هم الموكلون بإعداد وإنتاج وتفسير جميع الخرائط بأنواعها ولهم الصدارة في ذلك، وحتى وإن كان نوع هذه الخرائط يرتبط بتخصصات أخرى مثل علم الجيولوجيا، مما يُوجب على الجغرافي أن يكون مُلمً بدقة وإتقان شديد للأساسيات والمعلومات الجيولوجية التفصيلية اللازم التعرف عليها للطبقات الأرضية، ليستطيع أن ينتج خريطة جيولوجية صحيحة وممثلة للواقع الطبيعي بدقة وإتقان، مما يُوجب تحقيق التعاون الدائم وتبادل الخبرات العلمية الجيولوجية والفنية الخرائطية بين كُلاً من الجغرافيين والجيولوجيين. ومن هنا جاء هذا البحث<sup>(1)</sup> ليوضح ماهية الخرائط الجيولوجية والإجراءات المُحدثة لإعدادها من خلال التعرف على مقاييس رسمها ورموزها وألوانها، وخصائص خطوط مكاشف طبقاتها وخطوط مضارب هذه الطبقات، ومن ثم إجراءات إنشاء وإعداد خرائطها وقطاعات طبقاتها الأفقية والرأسية والمائلة، وكذلك التعرف على خصائص تراكيبها الجيولوجية كالطيات والانكسارات لفهم كيفية تحليل وتفسير الخرائط الجيولوجية.

١ - وجد الباحث أن أغلب المواد العلمية المتداولة والمؤلفة حول هذا الموضوع هي لمؤلفين من تخصصات جيولوجية أو هندسية، وبالطبع يتم تناول هذا الموضوع من منظور التخصصات الجيولوجية وفروعها أو الهندسية وفروعها، وليس من منظور التخصصات الجغرافية وما يخدمها، فنجد هذه المؤلفات تستغرق في سرد الخصائص التفصيلية لنوعية ومكونات الطبقات وتراكيبها الهندسية والتاريخية، دون التركيز على خطوات وإجراءات إعداد وإنشاء الخريطة نفسها التي تحوي على كثير من هذه التفاصيل السابقة؛ وبالطبع هذا ليس عيباً أو خطأ في هذه المؤلفات ولكن الهدف هنا من إعداد هذا البحث هو التعرف على الإجراءات الحديثة في إعداد هذه الخرائط من المنظور الجغرافي الذي يخدم الكثير من التخصصات الجغرافية وفروعها المختلفة.

## أولاً: مكونات الخرائط الجيولوجية: (٢)

في البداية لابد أن نفرق بين المصطلحات التالية (الخريطة الكنتورية) و(الخريطة الطبوغرافية) و(الخريطة الجيولوجية)، ولكي نستطيع أن نفهم هذا الفرق يجب أن نعرف كيف نشأت هذه الخرائط، ففي البداية كانت الخريطة عبارة عن تمثيل لمظاهر سطح الأرض عن طريق رسم درجات ظلال اللون الأسود (الشكل ١) (٣)، فتظهر فروق الدرجة اللونية جوانب التضاريس Relief كنفوش كروكية بارزة، وكان يستعان ببعض الخطوط لتحديد قمم الجبال أو الخطوط المستقيمة التي تميز الطرق أو السكك الحديدية، وسميت وقتها بخرائط الظلال Shadow Maps أو Shaded Relief.

### (شكل ١) نماذج لخرائط الظلال.



المصادر: (Great Bear Island, 2020)؛ (CIA Terrain Board Collection, 2020).

ثم تطورت عملية الرسم بعد ذلك مستخدمة مجموعة من النقاط ذات أقطار معينة، أو مجموعة من الخطوط ذات سماكات مختلفة، والتي تنتظم أحدهما أو كلاهما معاً متجاورة مع بعضها البعض بشكل يتناسب مع شكل الظاهرة (الشكل ٢)، لتستطيع أن تبرز الظواهر التضاريسية بشكل أكثر دقة من طريقة الظلال، وسميت وقتها بخرائط الهاشور Hachure Maps (٤) والتي أحياناً كانت تُدمج معها بعض الظلال لزيادة التوضيح. ولكن كل الطرق السابقة لم يُمكن من خلالها استخراج قياسات تُعبر عن أبعاد الظواهر المرسومة بشكل

٢ - للتفاصيل راجع (عمرون، ٢٠٢٠، ص ص ٣٠-٧٥؛ بتصرف).

٣ - يقابل في عصرنا الحالي ما يسمى الرسم بالفحم.

٤ - للتفاصيل راجع: (عبد الحكيم والليثي، ١٩٩٦، ص ص ١٦٦-١٧٥).

قياسي أو رقمي. وبعد انتشار استخدام الأجهزة المساحية وإمكانية عمل نقاط ارتفاع وانخفاض (مناسيب) أرضية بشكل موسع، أصبح بالإمكان عمل خرائط مناسيب تحتوي على مجموعة من الأرقام تمثل الارتفاعات الموجبة والانخفاضات السالبة المنسوبة إلى متوسط منسوب سطح البحر، سواء أكان ذلك للمظاهر التضاريسية على اليابس فوق مستوى سطح البحر (أو تحت مستوى سطح البحر كالمنخفضات)، أو لمظاهر تضاريس الأعماق تحت مستوى سطح البحر في البحار والمحيطات.

### (شكل ٢) نموذج لخرائط الهاشور.



المصدر: (Darling, J., 2012).

## (شكل ٣) نموذج لخرائط الكنتور



المصدر: (John, H., 2013. By USGS).

ومن ثم استُحدث رمز يصل بين هذه المناسيب، وهو خط وهمي يمر بالارتفاعات المتساوية في منسوبها وسُمي بخط التساوي **Isolines** أو خط الكنتور، ومن خلال تراس وانظام مجموعات من هذه الخطوط متقاربة ومتباعدة بأشكال معينة يبدأ الشكل التضاريسي في الظهور كجبل أو هضبة أو وادي... إلخ، وسميت وقتها بالخريطة الكنتورية (الشكل ٣)، وأطلقت المسميات المورفولوجية **Morphological Forms** على هذه الأشكال مثل جبل مدبب **Tapered Mountain**، ممر جبلي **Mountain Pass**، هضبة **Plateau**، ميسة **Mesa**، مصاطب الأودية **Valley Terraces**، الانحناءات النهرية **River Meander** والتي تتشكل أغلبها من خلال العوامل الجيولوجية والجيومورفولوجية وتفاعلهم مع العامل الزمني والمناخي.<sup>(٥)</sup>

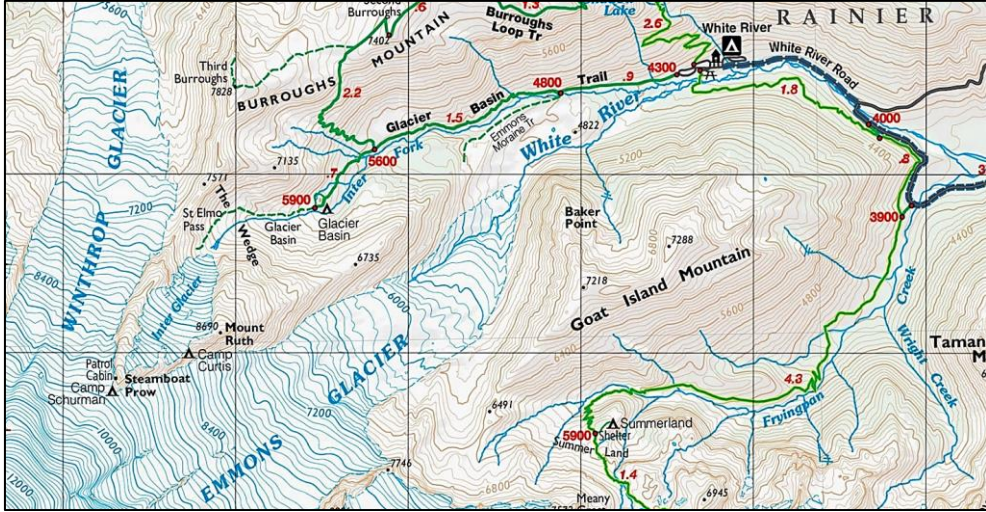
والمميز في هذا النوع من الخرائط هو أنه أصبح في الإمكان استخراج معلومات قياسية رقمية لجميع الملامح التضاريسية المُمثلة داخل هذه الخريطة، وذلك من خلال استخدام مقياس **Scale** نسبي (رقمي أو كسري أو شبكي) تُقابل من خلاله كل مسافة على هذه الخريطة مسافة مناظرة لها على الطبيعة، وسُمي ذلك بمقياس الرسم، وأمكن بذلك الحصول على قيمة الارتفاعات أو الانخفاضات لكل ظاهرة، وكذلك أبعاد هذه الظاهرة من حيث طولها

٥ - للتفاصيل راجع: (شاور، ١٩٧٩) و (محسوب، ١٩٩٠) و (الحسيني، ١٩٩٦).



وعرضها... إلخ، بل وأمكن التعرف رقميًا على مقدار انحدار Slope هذه المظاهر التضاريسية من خلال مدى تقارب أو تباعد الخطوط على جوانب هذه الظواهر؛ وباعتبار إمكانية الوصول لهذه المعلومات الرقمية عن المظاهر الطبيعية كانت وقتها بمثابة ثورة في مجال علم الخرائط فشاع عمل مؤلفات كثيرة تحمل عنوان الخريطة الكنتورية.

#### (شكل ٤) نموذج لخرائط طبوغرافية.



المصدر: (REI, 2020).

ومع التطور الزمني والعلمي في هذا المجال ولكي تتحقق الاستفادة الأكثر شمولاً، أُضيف إلى رمز خط الكنتور المُمثل للمناسيب بعض الرموز الأخرى المُمثلة للظواهر البشرية، كرموز تمثل المناطق العمرانية بأنواعها، والطرق بدرجاتها، وخطوط السكك الحديدية، والترع والمصارف، والكباري، والمطارات،... إلخ، ومهنيًا تحول الاسم الرسمي لهذه الخرائط الكنتورية إلى الخرائط الطبوغرافية (الشكل ٤)، وهي التي تمثل كل ما يوجد على سطح الأرض من مظاهر طبيعية وبشرية بمجموعة من الرموز الرسمية المتعارف عليها محليًا ودوليًا، ولتعدد وتنوع الظواهر أُضيفت بعض التدرجات اللونية لرموز الخريطة لتساعد في التفريق بين الرموز المتشابهة، ثم يتم عمل مفتاح لكل خريطة يوضع به نماذج من هذه الرموز Symbols والألوان



Colors للدلالة على الظاهرة التي تمثلها (الشكل ٥) (١)، ومن ثم شاع استخدام هذا النوع من الخرائط على المستوى الرسمي للدول، وأصبحت هذه الخرائط تطبع بمقاييس رسم محددة ومتفق عليها محليًا وعالميًا، بل ولا يرخص إلا لجهات رسمية معينة فقط داخل كل دولة بطباعتها والتصريح بتداولها.

### (شكل ٥) نماذج من رموز الخرائط الطبوغرافية.

BATHYMETRIC FEATURES	COASTAL FEATURES
Area exposed at mean low tide; sounding datum line***	Foreshore flat
Channel***	Coral or rock reef
Sunken rock***	Rock, bare or swash; dangerous to navigation
<b>BOUNDARIES</b>	Group of rocks, bare or swash
National	Exposed wreck
State or territorial	Depth curve; sounding
County or equivalent	Breakwater, pier, jetty, or wharf
Civil township or equivalent	Seawall
Incorporated city or equivalent	Oil or gas well; platform
Federally administered park, reservation, or monument (external)	<b>CONTOURS</b>
Federally administered park, reservation, or monument (internal)	<i>Topographic</i>
State forest, park, reservation, or monument and large county park	Index
Forest Service administrative area*	Approximate or indefinite
Forest Service ranger district*	Intermediate
National Forest System land status, Forest Service lands*	Approximate or indefinite
National Forest System land status, non-forest Service lands*	Supplementary
Small park (county or city)	Depression
<b>BUILDINGS AND RELATED FEATURES</b>	Cut
Building	Fill
School; house of worship	Continental divide
Athletic field	<i>Bathymetric</i>
Built-up area	Index***
Forest headquarters*	Intermediate***
Ranger district office*	Index primary***
Guard station or work center*	Primary***
Railtrack or railway	Supplementary***
Airport, paved landing strip, runway, taxiway, or apron	<b>CONTROL DATA AND MONUMENTS</b>
Unpaved landing strip	Principal point***
Wall (other than water), windmill or wind generator	U.S. mineral or location monument
Tanks	River mileage marker
Covered reservoir	<i>Boundary monument</i>
Geaging station	Third-order or better elevation, with tablet
Located or landmark object (feature as labeled)	Third-order or better elevation, recoverable mark, no tablet
Boat ramp or boat access*	Width number and elevation
Roadside park or rest area	<i>Heighted center</i>
Picnic area	Width of cut or better, permanent mark
Campground	Width third-order or better elevation
Wildlife recreation area*	Width checked spot elevation
Cemetery	Coincident with found station corner
	Unmonumented**

المصدر: (USGS, 1993).

ونظرًا لرسوخ مصطلح الخريطة الكنتورية في أذهان بعض المتعاملين مع هذه الأنواع من الخرائط بسبب أسبقية نشأتها وطول فترة التعامل معها، فاستمر إطلاق مصطلح الخريطة الكنتورية على خرائط أصبحت هي في الحقيقة خرائط طبوغرافية وليست كنتورية، خاصة وأن خطوط الكنتور في هذه الخرائط أصبحت مجرد رمز واحد فقط ضمن العديد والعديد من الرموز الأخرى داخل الخريطة الطبوغرافية، وخصوصًا أن خط الكنتور في الأصل هو عبارة عن خط

٦ - للتفاصيل راجع (عاشور، ١٩٩١، ص ص ٥٩-٧٨).

يُعبّر عن تساوي القيم المرصودة للظاهرة المدروسة، فإن كانت هذه الظاهرة المدروسة هي أرقام مناسبة تضاريسية سُمي بخط الكنتور، وإن كانت أرقام مناسبة لسطح طبقة جيولوجية سُمي بخط الكنتور البنيوي **Structure Contour /Strike Line**، وإن كانت أرقام تمثل مقدار تساقط مطري سُمي بخط تساوي المطر، وإن كانت أرقام تمثل درجة حرارة سُمي بخط تساوي الحرارة،... إلخ؛ وحتى في مجال الظواهر البشرية أصبح هنالك خطوط تمثل خطوط تساوي فاصلة بين تدرجات الكثافات المختلفة، كما في نطاقات تركيز السكان، أو نطاقات شدة التلوث... إلخ؛ ولذلك يفضل التعامل مع خطوط الكنتور ليس على أنها خريطة كنتورية وإنما على أنها رمز من مجموعة رموز داخل الخريطة الطبوغرافية.

وتزامناً (إلى حد ما) مع ظهور اعتماد التعامل مع الخرائط الطبوغرافية، أنتجت الخرائط الجيولوجية بالاعتماد على الخرائط الطبوغرافية<sup>(٧)</sup> بحكم أنها المرجعية الأساسية لإنتاج الخرائط الرسمية، مع التخفيف من استخدام الرموز والألوان الطبوغرافية حتى لا يحدث زحام في الخريطة، ويُفسح المجال للرموز والألوان الخاصة بالمكونات **Formations** والتراكيب **Structures** الجيولوجية، ومع التركيز والاعتماد الأساسي على رمز خطوط الكنتور كممثل أساسي لمظاهر التضاريس الظاهرة فوق سطح الأرض، والتي هي ظواهر ترتبط نشأة أغلبها ببعض العوامل البنيوية والتركيبية الجيولوجية تحت سطح الأرض.<sup>(٨)</sup>

وعلى ما سبق يُمكن إجمال مكونات الخرائط الجيولوجية في العناصر التالية:

#### ١- مقياس الرسم:

من العرض السابق يتبين لنا أن مقاييس الرسم وأنظمة حسابها المستخدمة في الخرائط الطبوغرافية خاصة أو في جميع الخرائط عامة، هي نفسها التي ستستخدم في الخرائط الجيولوجية، سواء كان ذلك لقياس أبعاد ومساحات الطبقات الجيولوجية الظاهرة على السطح الأفقي للخريطة، أو كان ذلك لتحديد امتدادات وأحجام الطبقات على القطاعات الرأسية لهذه التكوينات. وبحكم أن مقياس الرسم هو النسبة المحددة بين المسافات على الخريطة وما يقابلها

٧ - للتفاصيل راجع: (Roberts, H. L. 1984. P.1).

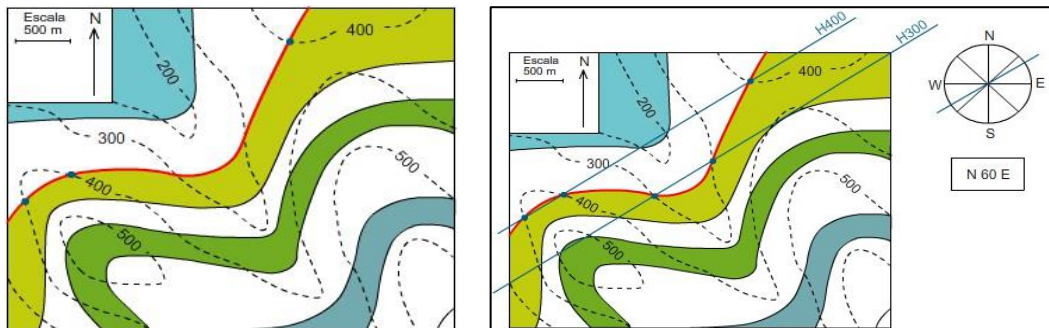
٨ - للتفاصيل راجع: (مشرف وآخرون، ٢٠٠٢، ص ص ١٨٣-١٨٧).

على الطبيعة، فيفضل دائماً استخدام المقياس من النوع الخطي (بوحديته الكبرى والصغرى) لما له من ميزة مهمة تتمثل في التناسب طويلاً وقصراً مع تكبير وتصغير الخريطة، بوسائل التصوير المختلفة أو داخل منظومة الحاسب الآلي؛ كما ترسم الخرائط الجيولوجية بجميع المقاييس المتعارف عليها كالتفصيلية ومتوسطة المقياس ومليونية المقياس.<sup>(٩)</sup>

## ٢- خطوط تمييز الطبقات:

وكذلك الأمر بالنسبة لخطوط الكنتور المستخدمة في الخريطة الجيولوجية، ستخضع لنفس قواعد إنشائها المتبعة في الخرائط الطبوغرافية، بل ونفس أساليب تفسير مظاهرها المورفولوجية مضافاً إليها القراءة والتفسير للبنية والتركيب الجيولوجي للمنطقة الظاهرة في الخريطة. مع الانتباه إلى أن رمز خط الكنتور المستخدم في الخريطة الطبوغرافية يقابله خط مستخدم في الخريطة الجيولوجية يسمى بخط المكشف **Outcrop Line** (الشكل ٦)، ويوجد تشابه كبير بين خصائص كل منهما من حيث: امتداد تعرجاته في شكل انحنائي مُبتعداً عن الخطوط المستقيمة، ومن حيث أفضلية انغلاقه على نفسه، وعدم تداخله أو تقاطعه مع خطوط تحمل قيم مختلفة عنه، وثبات قيمة الفاصل في الارتفاع بين كل خط والذي يليه،... إلخ، إلا أن الفرق الأساسي بينهما هو أن خطوط الكنتور تُمثل الارتفاعات المتساوية المنسوب للمظاهر التضاريسية على سطح الأرض، أما خطوط المكاشف فتُمثل الارتفاعات غير المتساوية للمسوح المنكشف **Width of Outcrop** من الطبقة الجيولوجية **Geological Bed** على سطح الأرض.

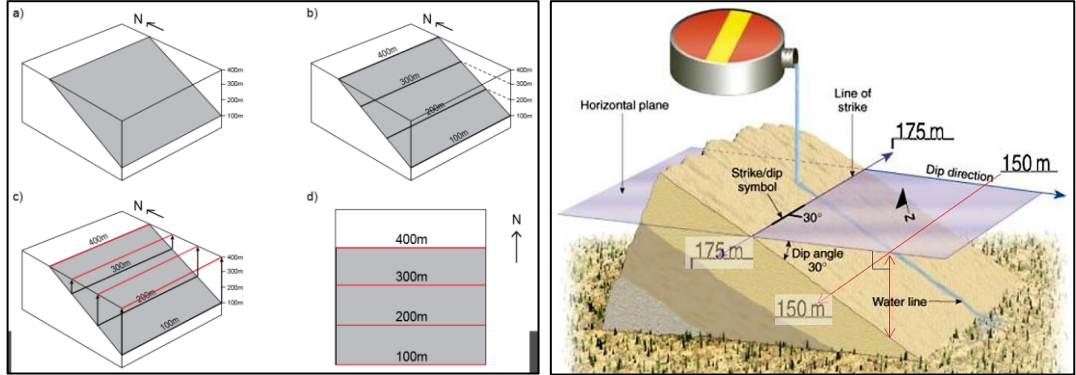
(شكل ٦) يوضح خطوط المكاشف قبل وبعد إنشاء نقاط المكاشف وخطوط المضارب، واتجاه ميل الطبقة.



المصدر: (GeoCafe, 2016).

٩ - للتفاصيل راجع: (سطيحة، ١٩٧٧، ص ص ١١٥-١١٦).

## (شكل ٧) خطوط المضارب وزاوية ميل الطبقة واتجاه ميلها



المصادر: (Buzamiento, 2020؛ بتصرف)، (Houghton, J., (n.d.). P.22).

ويوجد خط آخر مستخدم في الخريطة الجيولوجية يسمى بخط الامتداد أو المضرب Structure Contour /Strike Line (الشكل ٧)، وهو يمثل الارتفاعات المتساوية المنسوب لأسطح الطبقات الجيولوجية الموجودة أسفل سطح الأرض، سواء كان هذا السطح يمثل السطح العلوي أو السطح السفلي لكل طبقة جيولوجية، مع ثبات قيمة فاصل المنسوب كلما زاد ارتفاع أحد سطحي الطبقة أو قل، وعلى شرط افتراض أن الطبقة ذات سمك واحد على طول امتدادها تحت سطح الأرض.

## أ- خصائص خطوط المضارب:

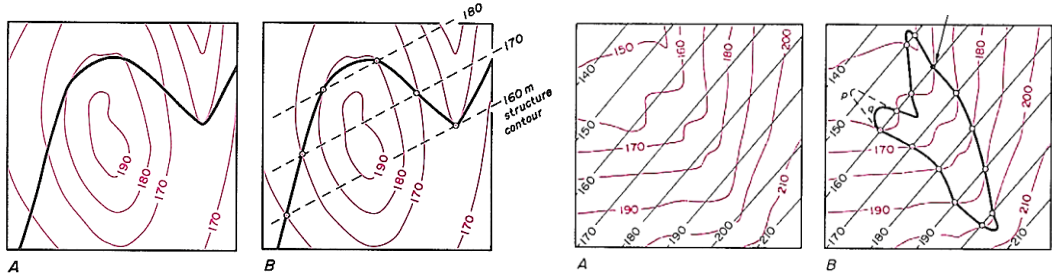
يمكننا من (الشكل ٨ و ٩) أن نُميز خصائص خط المضرب وهي على النحو التالي:

- خط المضرب هو خط يمثل منسوب أحد سطحي الطبقة الجيولوجية.
- خط المضرب هو خط مستقيم غير منحنى ولا ينغلق على نفسه.
- يصل خط المضرب بين حدود الخريطة المتقابلة، ويرسم في كل أرجاء الخريطة.
- خطوط المضارب متوازية دائماً، والمسافات بينها متساوية وتسمى المسافة المضربية Strike Interval.

- تتعامد خطوط المضارب على اتجاه ميل Dip Direction/ Bearing أحد سطحي الطبقة.
- خطوط المضارب تحمل نفس قيم مناسب خطوط الكنتور التي توجد عندها نقاط مكاشف Outcrop Point.

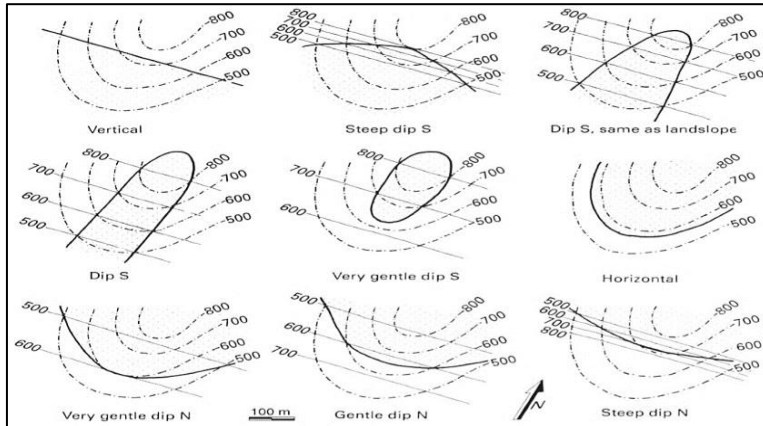
- عند تقاطع خط مضرب مع خط كنتور يحملان نفس قيمة المنسوب، تعتبر نقط التقاطع هذه هي نقطة مكشف.
- تتغير قيم مناسيب خطوط المضارب تبعاً لتغير أحد سطحي الطبقة بناءً على سمك الطبقة.

### (شكل ٨) علاقة خطوط المضارب بخط المكشف



المصدر: (Lisle, R. J., 2004, p.11,14).

### (شكل ٩) علاقة خطوط المضارب بخط المكشف

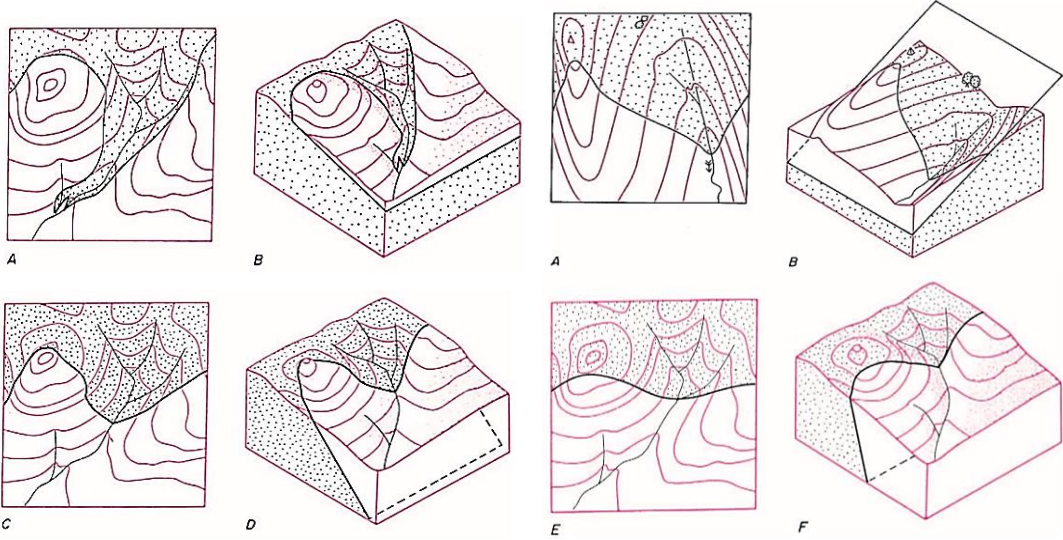


المصدر: (Weijermars, R., 2011, p.71).

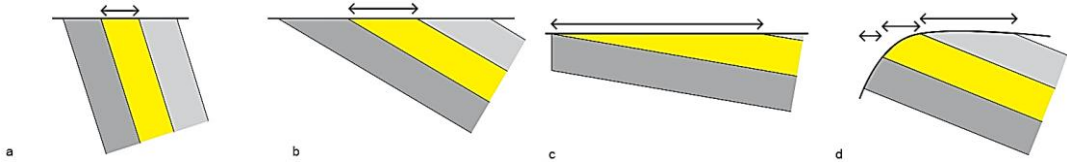
- إذا كان سمك الطبقة لا يتناسب مع الفاصل الكنتوري أو مع مضاعفاته، فيُستحدث على الخريطة مجموعة من خطوط الكنتور الثانوية التي تتناسب قيم ارتفاعاتها مع ارتفاعات سطحي الطبقة، لتحدث إمكانية تقاطع مضارب سطحي الطبقة مع خطوط الكنتور الثانوية.
- في القطاع التضاريسي الجيولوجي Geological Cross Section يُوجد تمييز قيم الارتفاعات على المحور الرأسي لكل من مناسيب الكنتور ومناسيب المضارب.

**ب- خصائص خطوط المكاشف:**

يمكننا من خلال (الشكل ١٠ و ١١) أن نُميز خصائص خط المكشف وهي على النحو التالي:

**(شكل ١٠) علاقة خطوط الكنتور بخط المكشف**

المصدر: (Lisle, R. J., 2004, Pp.2-7).

**(شكل ١١) العلاقة بين المسطح المنكشف من الطبقة وبين الميل**

المصدر: (Houghton, J., (n.d.). P.8).

- خط المكشف لا يتقاطع مع أي خط مكشف آخر.
- يمكن أن ينغلق على نفسه أو يتصل بحدود الخريطة.
- خط المكشف على الخريطة يمثل نطاق ظهور أحد سطحي الطبقة العلوي أو السفلي على سطح الأرض.



- كلما زاد ميل الطبقة كلما قل المسطح المُكشَف منها، والعكس صحيح؛ وكلما زاد الانحدار قل المسطح المُكشَف من الطبقة.<sup>(١٠)</sup>
- خط المكشَف يمر بنقاط المكاشف المتتالية دون أن يقطع خط كنتور وحده أو خط مضرب وحده.
- يزداد تعرج خط المكشَف كلما قلت زاوية ميل **Dip Angle** الطبقة عن المستوى الأفقي والعكس صحيح (مع ثبات ارتفاعات وتعرجات خطوط الكنتور).
- على سطح الأرض يظهر خط المكشَف كخط منحنى ولا يستقيم إلا في حالة الطبقات الرأسية.
- يزداد تعرج خط المكشَف كلما زادت تعرجات خطوط الكنتور (مع ثبات ارتفاع الطبقة ودرجة ميلها عن المستوى الأفقي).
- يمكن أن يظهر على سطح الأرض نطاق محصور بين كِلا سطحي الطبقة في نفس الخريطة، ويُمثل كلا جانبي النطاق بخط مكشَف منفصل، وتصبح المساحة التي بينهم هي المسطح المكشوف من الطبقة **Outcrop Area** على سطح الأرض.
- في الطبقة المائلة يكون عرض المسطح المكشوف من الطبقة **Outcrop Width / Horizontal Distance** هو أقصر مسافة أفقية منكشفة من الطبقة على سطح الأرض.

### ٣- الرموز والألوان: <sup>(١١)</sup>

أما بالنسبة إلى الرموز والألوان المستخدمة في الخريطة الجيولوجية، فتختلف إلى حد كبير عن رموز وألوان الخريطة الطبوغرافية، فمع بقاء بعض الرموز الأساسية التي تمثل خطوط الكنتور وفواصلها، وبعض نقاط المناسيب والروبيرات **Bench Marks** الهامة، والطرق الرئيسية، والسكك الحديدية، وعواصم المدن، والنطاق الكتلي للحيز العمراني، وذلك خصوصاً في الخرائط تفصيلية المقياس، إلا أن الرموز الأساسية في الخرائط الجيولوجية تتركز حول الرموز اللونية التي تميز أنواع الطبقات الجيولوجية، ويفضل استخدام الألوان المتعارف والمتفق

١٠ - يستخدم لفظ الانحدار لتضاريس سطح الأرض، ويستخدم لفظ ميل للطبقات الجيولوجية.

١١ - للتفاصيل راجع: (مصطفى، ٢٠٠٤، ص ص ٣٥-٤٣).

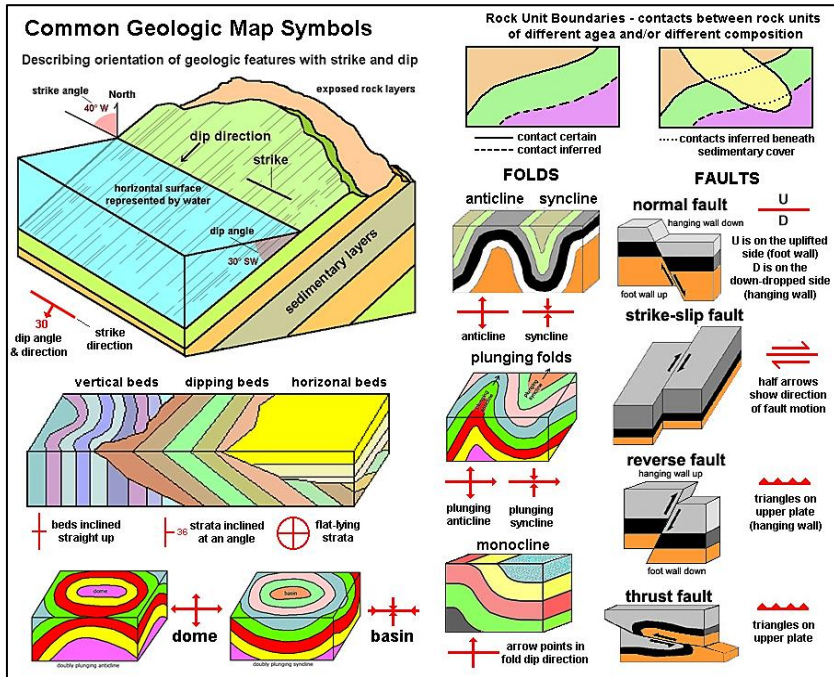


عليها دوليًا من خلال المؤسسات المختصة، ومن أشهر هذه المؤسسات اللجنة الدولية للطبقات الجيولوجية (International Commission on Stratigraphy (IUGS) (الشكل ٤٣).

وعلى سبيل المثال، يتم إظهار الصخور النارية في العادة بدرجات عديدة من اللون الأرجواني والقرمزي، بالاعتماد على ما إن كانت تدخلات مُندسة **Intrusive** أم إنثاقات نابضة **Extrusive**، وتظهر الصخور المتحولة في العادة بدرجات من اللون القرنفلي والأخضر الرمادي، وتظهر الصخور الرسوبية في العادة وعلى نحو مناسب بالألوان الترابية - بدرجات من البني والأصفر بالإضافة إلى الأخضر (الشكل ٤٤)، باستثناء الحجر الرملي حيث يظهر في العادة باللون الرمادي الأزرق، وإلى جانب الألوان [ ] غالبًا ما يُعطى كل نوع من الصخور مجموعة من الحروف لترمز إليه على الخريطة، وعادةً ما يبدأ هذا بحرف كبير يشير إلى عمر الصخرة - وعلى سبيل المثال **J** للعصر الجوراسي، **K** للعصر الكريتاسي أو الطباشيري، **T** للزمن الثلاثي، **Q** للزمن الرباعي، أما الحروف الصغيرة فهي تشير إما إلى اسم التكوين المعين أو إلى نوع الصخر (KFAS. 2018b).

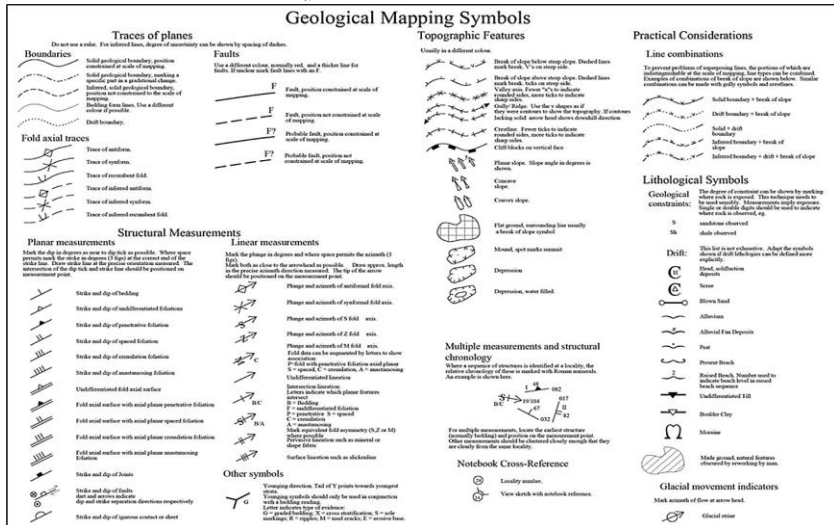
وكذلك الأمر بالنسبة للرموز والتهشيرات فهناك رموز متعارف عليها دوليًا، يفضل استخدامها في تظليل الطبقات في حال سمحت مساحة المنطقة المتاحة للتظليل بذلك، مع ضمانة عدم طمس المعالم الأخرى في الخريطة، ولتحقيق هذا التوازن في توزيع الرموز وعدم تداخلها يجب الاستعانة بالبرامج الحديثة المتخصصة في إنتاج الخرائط في هذا المجال؛ ونلاحظ من (الشكل ١٢ و ١٣) أهم الرموز المستخدمة في هذه الخرائط الرموز الدالة على اتجاهات وزوايا ميول الطبقات وكذلك أشكال الالتواءات والانكسارات.

(شكل ١٢) نماذج لرموز الخرائط الجيولوجية



المصدر: (Introduction to Geology, 2020).

(شكل ١٣) نماذج للرموز المستخدمة في الخرائط الجيولوجية



المصدر: (Otago, 2016).

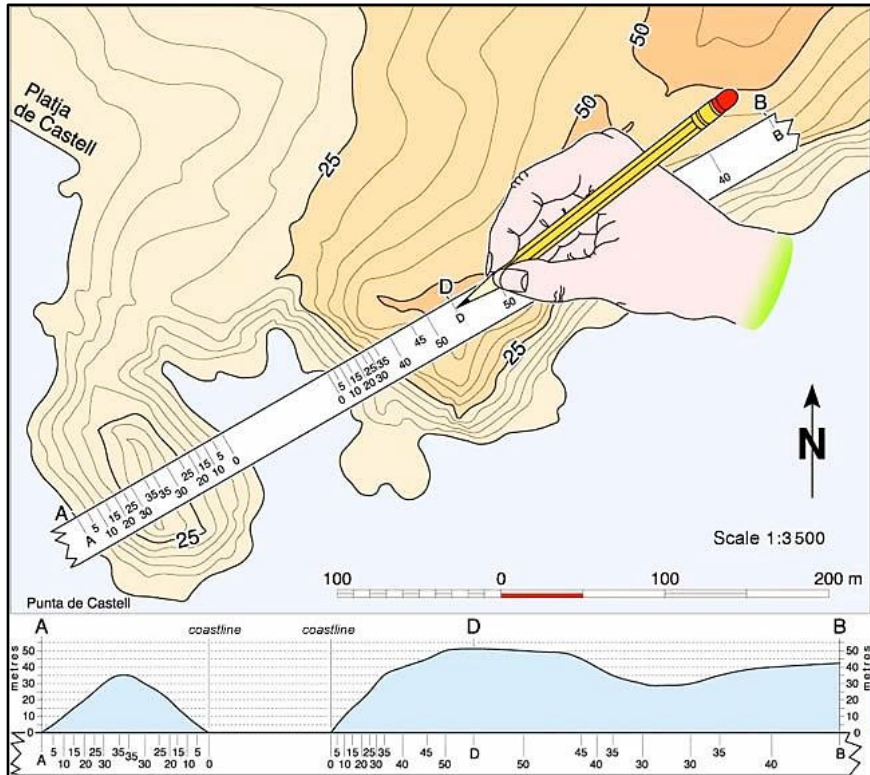
### ثانياً: إعداد خريطة الأساس والقطاعات الرأسية.

من خلال العرض السابق عن بعض عناصر التشابه الواردة بين الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية، والمعتمدة أساساً على رموز خطوط الكنتور، والتي هي بدورها مُعتمَدة على نقاط المناسيب، والأخيرة بدورها معتمدة على أعمال الرفع المساحي لارتفاعات المناطق المختلفة. والمقصود هنا، أننا إذا أردنا إعداد خريطة جيولوجية جيدة فلا بد أن تكون أعمال الرفع المساحي تمت بشكل جيد وصحيح وبدقة مقبولة، ومن ثم أعمال توقيع وتحويل هذه البيانات المساحية إلى خرائط ممثلة بمناسيب وخطوط كنتور تمت هي الأخرى بشكل علمي ودقيق، ثم في النهاية يأتي دور الأعمال الجيولوجية من رفع مساحي لمواقع ومناسيب وأبعاد الطبقات الجيولوجية ثم توقيعها على الخرائط الطبوغرافية والقطاعات التضاريسية الجيولوجية الرأسية<sup>(١٢)</sup> وعلى ما سبق، نجد أن الخطوات الأولى لإنشاء الخريطة الجيولوجية هي نفسها الخطوات الأولى لتجهيز الخرائط الطبوغرافية، فنبدأ برصد وتجهيز اتجاه الشمال، والإحداثيات، ومقياس الرسم المناسب، وتحديد المكان والحجم الأنسب لمفتاح الخريطة (ألوان ورموز)، ومن ثم توصيل خطوط الكنتور وترقيمها بناءً على نقاط المناسيب.

ثم ننتقل بعد ذلك لإعداد القطاع التضاريسي الذي سترسم عليه لاحقاً الطبقات الجيولوجية بامتداداتها وزوايا ميلها بعد تحديد مكاشفها على الخريطة أولاً، ويفضل دائماً أن يرسم القطاع التضاريسي أسفل الخريطة الجيولوجية مباشرة أو بجوارها حتى يتمكن قارئ الخريطة بعد الانتهاء من التحليل والتفسير المتكامل من خلال بيانات كل من الخريطة والقطاع التضاريسي معاً، وترسم قاعدة القطاع بنفس طول خط القطاع المبين على الخريطة حتى وإن زاد هذا الطول عن أبعاد الخريطة، ويرسم القطاع من خلال الطريقة المبينة في (الشكل ١٤).

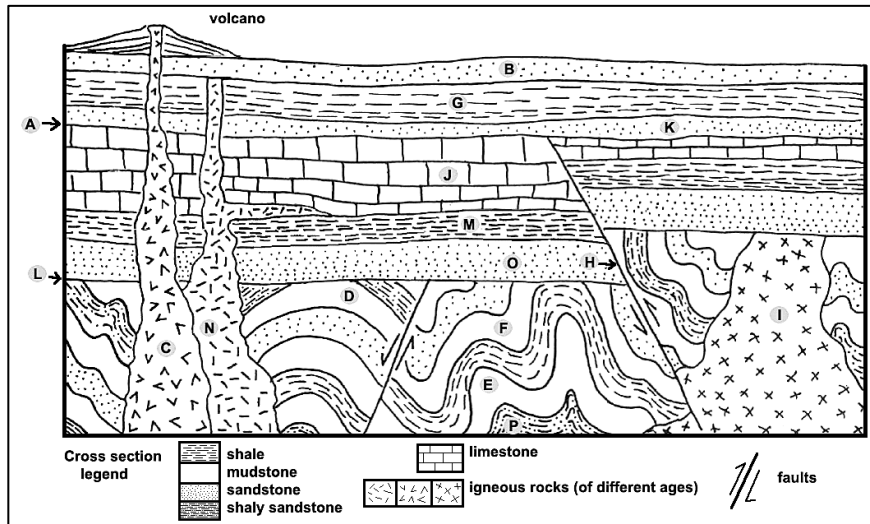
١٢ - للتفاصيل راجع: (الحسيني، ١٨٩٤) و (أسباعي، ١٩٩٣).

شكل ١٤) كيفية عمل قطاع تضاريسي جيولوجي



المصدر: (Topographic profile, 2020).

شكل ١٥) نموذج لقطاع تضاريسي جيولوجي



المصدر: (Cross Section, 2014).

بعد الانتهاء من رسم جميع مكاشف الطبقات على الخريطة، تُنقل نقاط مكاشف الطبقات من الخريطة إلى القطاع بنفس طريقة نقل مناسيب خطوط الكنتور، ومن ثم نقوم برسم مستوى أفقي عند نقطة المكشف الموجودة على منحدر القطاع، ونقيس منها زاوية ميل سطح الطبقة ثم نرسم امتداد هذا السطح إلى نهاية القطاع، وبالمثل نعامل باقي نقاط المكاشف الموجودة على منحدر القطاع، ثم نلون أو نظلل الطبقات بنفس ألوانها ورموزها المحدد مسبقاً على الخريطة (الشكل ١٥)؛ وبذلك يمكن تحليل وتفسير الوضع الجيولوجي في المنطقة من خلال بيانات الخريطة والقطاع التضاريسي بالإضافة إلى المعلومات الجغرافية والجيولوجية المسبق توفرها لدى المُفسر للخريطة.

### ثالثاً: خصائص/رسم الطبقات الجيولوجية:

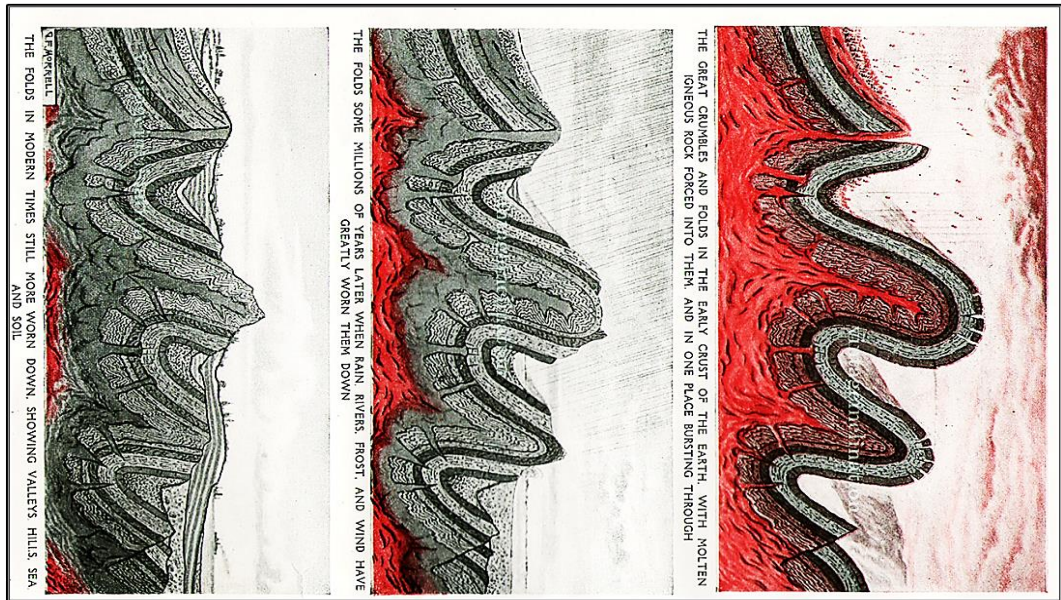
من المهم هنا أن ننوه إلى أن معظم الخرائط والأشكال التوضيحية بهذا البحث مهما بدا عليها التعقيد في ظاهرها، إلا أنها فعلياً هي خرائط وأشكال تدريبية مبسطة عن الطبيعة، هدفها الأساسي هو التدريب على فهم كيفية تمثيل الطبقات والمكونات الجيولوجية للواقع الطبيعي (الشكل ٤٥) شديد التعقيد وشديد التداخل على خريطة طبوغرافية، حيث توجد خرائط تحمل في داخلها طبقات حدث لها ميل وطي وانكسار في نفس الوقت وبشكل متعاقب، وذلك لأن الواقع يتسم عادة بالتداخل الشديد بين طبقاته المتنوعة التي مرت عليها فترات زمنية سحيقة لم تخل فيها مكونات الأرض الجيولوجية من تتابع وتكرار لعمليات ضغط وشد ناتجة عن عوامل تكتونية باطنية أو خارجية، بل ولم يخلُ ما ظهر من هذه المكونات على سطح الأرض من عمليات متعاقبة من تعرية ونقل وإعادة إرساب (الشكل ١٦).

وفي البداية تُعرف الصخور **Rocks** بأنها: تَجَمع طبيعي للفلزات، [ ]، وتتكون معظم الصخور من فلزات متنوعة، لكنها تتألف أحياناً من تجمع حبات من طبيعة واحدة، وتتوزع الصخور تبعاً لمنشئها في ثلاث فئات ١- صخور رسوبية تتشكل في الأوساط المائية البحرية والبحار، وتنتج من تعرية صخور أقدم منها، ٢- صخور اندفاعية تنتج من تبلور الصهارة، ٣- صخور متحولة تنتج عن تحول صخور أقدم منها من نوع رسوبي أو اندفاعي تحت تأثير ارتفاع كبير في درجة [الحرارة أو الضغط أو كلاهما معاً]، [ ] وأخذنا عمق القشرة الأرضية في



الاعتبار (وهو من السطح حتى عمق ٣٠ أو ٤٠ كم) فستكون الصخور الاندفاعية هي الغالبة وستشكل ما يوازي ٩٥٪ من هذه القشرة، وهذه الصخور الاندفاعية والمتحولة [تدخل] تحت اسم الصخور داخلية المنشأ المتشكلة في عمق الأرض، بخلاف الصخور الرسوبية التي تسمى خارجية المنشأ، لأنها تتشكل على سطح الأرض أو على مقربة منه، لكن اذا أخذنا على مستوى القشرة الأرضية فالصخور الرسوبية تقارب ٧٥٪ من أسطح القارات (القاضي، ٢٠٠٨، ص٧٨؛ بتصرف).

### (شكل ١٦) نموذج يبين نشأة وتكوين الطبقات من خلال العوامل الباطنية وعمليات التعرية



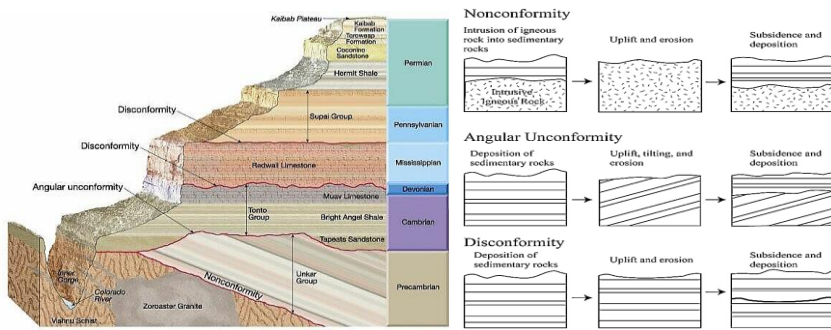
المصدر: (Earthlymission, 2020).

وبشكل عام توجد الصخور الرسوبية عادةً في شكل طبقات تعلو الواحدة منها الأخرى، وتسمى هذه الظاهرة بالتطابق **Stratification**، والطبقة هي سمك ما من صخر معين يمتد في مساحة كبيرة قد تصل إلى بضعة عشرات الأمتار المربعة أو بضع عشرات ومئات من الكيلومترات المربعة وتتميز طبقة عن أخرى بالاختلاف في التركيب الكيميائي أو المعدني أو النسيج أو اللون، وقد تختلف طبقة عن أخرى بوحدة أو أكثر من هذه الصفات، ويحدد كل طبقة سطحين أحدهما علوي والآخر سفلي يفصلانها عن كل من الطبقات التي تعلوها وتلك التي تقع أسفل منها، ويسمى السطح الفاصل بين طبقتين بسطح الانفصال **Bedding Plane** أو

خط التلامس **Contact**، وقد تتكون الطبقة الواحدة من طبقات رقيقة يبلغ سمك الواحدة منها أقل أو أكثر قليلاً من سنتيمتر واحد، وتسمى كل واحدة منها بالرقيقة **Lamina** وجمعها رقائق **Laminae**، وقد يتضاءل سمك أي طبقة بشكل تدريجي في احد الاتجاهات حتى تتلاشى في هذا الاتجاه، وفي كثير من الأحيان يقل السمك بشكل تدريجي في جميع الاتجاهات فيحول الطبقة إلى شكل عدسي (مصطفى، ٢٠٠٠، ص ص ٤٨٧-٤٨٨؛ بتصرف).

وأحياناً يحدث انقطاع في تتابع ترسيب الطبقات، فبعد أن يتم ترسيب طبقة ما، تتوالى عليها عوامل التعرية حتى تزيل جزءاً منها بشكل غير متساوي، أو تزيلها كلها وصولاً إلى سطح الطبقة التي توجد أسفلها، ويسمى السطح في هذه الحالة بسطح عدم التوافق **Unconformity Surface** ويقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية (الشكل ١٧)، الأول هو سطح عدم توافق بنيوي **Nonconformity** ترتكز فيه التكوينات الرسوبية **Sedimentary Rocks** على التكوينات قاعدية نارية **Igneous** أو متحولة **Metamorphic** حدثت لها تعرية، والثاني عدم توافق تكويني **Disconformity** ترتكز فيه تكوينات رسوبية أفقية على تكوينات رسوبية أفقية من نوع آخر حدثت لها تعرية، والثالث عدم توافق زاوي **Angular Unconformity** ترتكز فيه تكوينات رسوبية أفقية على تكوينات رسوبية حدث لها ميل ثم تعرضت للتعرية.

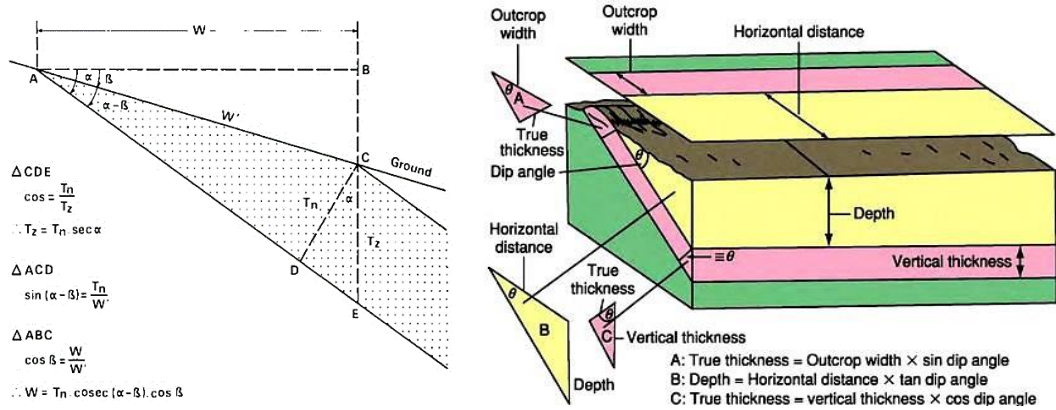
### (شكل ١٧) أنواع أسطح عدم التوافق



المصادر: (Deline, B., 2016, P.6)، (Mafia, M., 2019).



## (شكل ١٨) العلاقة بين السمك الحقيقي والظاهري والمسافة المضربية



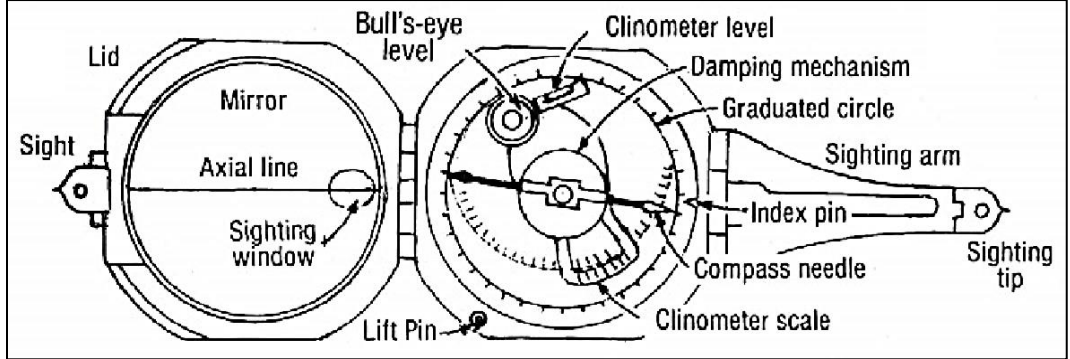
المصادر: (Roberts, H. L. 1984. P.26)، (Maltman, A., 2005, p.56).

ويمكننا من (الشكل ١٨) أن نميز خصائص الطبقة الجيولوجية (النموذجية) على النحو التالي:

- مقياس رسم مكونات الخريطة الطبوغرافية هو نفسه مقياس رسم المكونات الجيولوجية، عدا المبالغة الرأسية في القطاع التضاريسي.
- الطبقة **Strata** هي تكوين صخري **Rock** أو رسوبي **Sedimentary** مؤلف من وحدة جيولوجية واحدة لها سطح علوي وآخر سفلي (الشكل ٤٥ - أ).
- في حال وجود أكثر من طبقة في الخريطة فإن السطح السفلي للطبقة العلوية هو نفسه السطح العلوي للطبقة السفلية (الشكل ٤٥).
- تُظلل كل طبقة بالرمز واللون الرسمي لها والمتعارف عليه دولياً، وهو الأقرب إلى لونها الحقيقي وكذلك الأقرب إلى نمط ترسيبها وفترة ترسيبه الجيولوجية.
- تنتظم الطبقات في شكل طبقاتي متسلسل من الأقدم تكويناً **Oldest** في الأسفل، إلى الأحدث تكويناً **Youngest** في الأعلى، ويُوضح هذا الترتيب لوناً ورمزاً في مفتاح الخريطة.
- يمكن أن يختلف الترتيب الزمني لتتابع الطبقات في حال حدوث أنواع معينة من الطيات **Folds** أو الانكسارات **Faults**، ويُوضح الترتيب الجديد لوناً ورمزاً في مفتاح الخريطة.
- زاوية الميل الحقيقي **True Dip/Dip** للطبقة هي مقدار ميلها الرأسي عن المستوى الأفقي في الطبيعة، وتقاس بشكل عمودي على خط مضرب الطبقة، ويقاس بجهاز الكلينوميتر

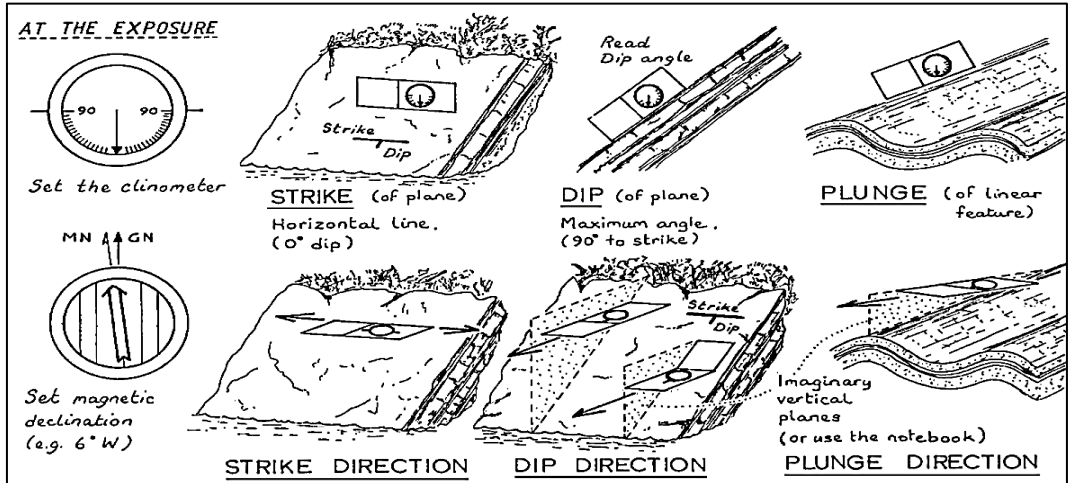
**Clinometer** المستخدم في قياس الميول أو الانحدارات (الشكل ١٩ و ٢٠). ثم تدون في جداول بطرق تعتمد على مقدار الانحرافات الدائرية والربع دائرية كما في (الشكل ٢١).

(شكل ١٩) جهاز Compass وهو يجمع بين جهازي البوصلة والكلينوميتر معاً



المصدر: (Compton, R. R., 2016, P.16).

(شكل ٢٠) كيفية استخدام جهاز Compass في قياس الطبقات حقلياً



المصدر: (Garrard, P., 2005, P.46).

- زاوية الميل الظاهري **Apparent Dip** للطبقة هي مقدار ميلها الرأسي عن المستوى الأفقي في الطبيعة، مقياسة بشكل غير عمودي على خط مضرب الطبقة (الشكل ٢٢).

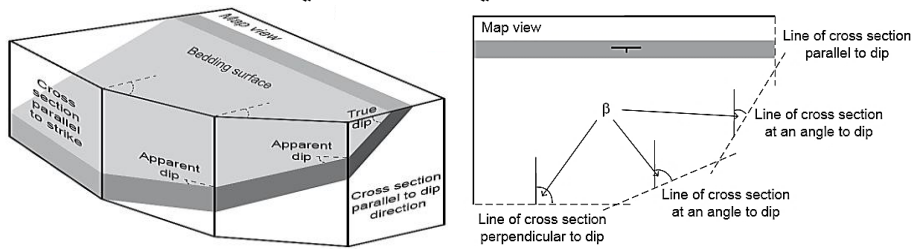
- الطبقة الأفقية في الطبيعة زاوية ميلها تساوي (صفر)، ويرسم كلا سطحها بشكل أفقي تماماً في القطاع التضاريسي الجيولوجي.

## (شكل ٢١) طرق تدوين ميول واتجاهات ميول الطبقات حقلياً

SYMBOL						
Strike (b)	40, 36 SE	325, 15 NE	48, 8 NW	198, 23 E	332, 44 SW	273, 32 S
Dip (a)	36, S 50 E	15, N 55 E	8, N 42 W	23, S 72 E	44, S 62 W	32, S 3 W
Dip (b)	36/130	15/055	08/318	23/108	44/242	32/183

المصدر: (Ragan, D. M., 2009, P.4).

## (شكل ٢٢) الفرق بين زاويتي الميل الحقيقي والميل والظاهري



المصدر: (Houghton, J., (n.d.). P.21).

- الطبقة الرأسية في الطبيعة زاوية ميلها تساوي ٩٠ درجة، ويرسم كلاً سطحها بشكل رأسي تماماً في القطاع التضاريسي الجيولوجي. ويتطابق على السطح المكشوف كلاً من السمك الحقيقي مع السمك الظاهري مع عرض المسطح المكشوف من الطبقة.

- الطبقة المائلة في الطبيعة زاوية ميلها أكبر من (صفر) إلى أقل من (٩٠) درجة، ويرسم كلاً سطحها على القطاع التضاريسي الجيولوجي بنفس مقدار زاوية ميلها المقاسة من المستوى الأفقي في الطبيعة.

- اتجاه ميل الطبقة هو مقدار انحراف الاتجاه Bearing الأفقي للميل عن اتجاه الشمال، مقاساً مع عقارب الساعة، ويقاس باستخدام جهاز البوصلة Compass، وهو يساوي الزاوية المقاسة

من اتجاه الشمال إلى أحد خطوط مضارب الطبقة مضافاً إليه ٩٠ درجة، وهي قيمة تعامد خط المضرب على اتجاه ميل الطبقة.

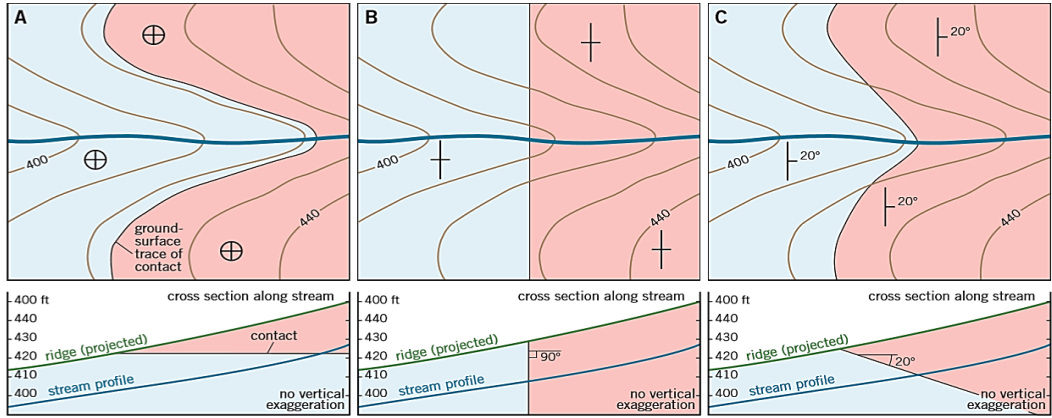
- عمق الطبقة الأفقية هو سمكها، وهو مقدار الانخفاض الرأسي للسطح السفلي للطبقة عن سطحها العلوي. وعمق الطبقة الراسية هو امتدادها داخل الأرض، أما عمق الطبقة المائلة هو مقدار الانخفاض الرأسي للسطح السفلي للطبقة عن سطحها المنكشف منها علويًا من الطبقة (ليس سطحها العلوي وإنما السطح المنكشف منها علويًا).

- لكل طبقة سمكين، الأول سمك حقيقي **Stratigraphic Thickness** يمثل المسافة العمودية بين سطحي الطبقة العلوي والسفلي، والثاني سمك ظاهري **Apparent Thickness** يمثل المسافة الرأسية بين سطحي الطبقة العلوي والسفلي، والعلاقة بينهما يحددها مقدار زاوية ميل الطبقة، فكلما زادت زاوية ميل الطبقة كلما زاد الفارق بين السمك الحقيقي و(السمك الظاهري أو العمق).

### من خلال (الشكل ١٨) يمكننا أن نُميز العلاقات التالية:

- الفترة الكنتورية = المسافة المضربية × ظا (زاوية الميل)
  - المسافة المضربية = الفترة الكنتورية ÷ ظا (زاوية الميل)
  - ظا (زاوية الميل) = الفترة الكنتورية ÷ المسافة المضربية
  - السمك الحقيقي = السمك الظاهري × جتا (زاوية الميل)
  - السمك الظاهري = السمك الحقيقي ÷ جتا (زاوية الميل)
  - جتا (زاوية الميل) = السمك الحقيقي ÷ السمك الظاهري
  - العمق = عرض المسطح المكشوف من الطبقة × ظا (زاوية الميل)
  - السمك الحقيقي = عرض المسطح المكشوف من الطبقة × جا (زاوية الميل)
- ومن خلال عرض خصائص الطبقات الجيولوجية السابق ذكرها يمكننا حصر امتداد الطبقات في ثلاث أوضاع أساسية هي الأفقية والرأسية والمائلة (الشكل ٢٣).

### شكل ٢٣) مقاطع أفقية (خرائط) ورأسية (قطاعات) لطبقات أفقية ورأسية



المصدر: (Cronin, V. S. & Tasa, D. 2018. P. 269).

#### ١- خصائص/رسم الطبقات الأفقية: (١٣)

إذا كانت الطبقة أفقية **Horizontal Bed** فسيظهر مكشفاً (سطحها العلوي) إما أنه مطابق لأحد خطوط الكنتور أو يسير بين خطي كنتور متجاورين ( بشرط ألا يقطع أي منهما)، وإن كان جزء من السطح السفلي (نفس الطبقة السابقة) ظاهراً أيضاً على سطح الأرض نتيجة لإنحدارات المظهر الطبوغرافي (مع استواء الطبقة) فيمكن أن نحدد سطحها السفلي برسمه على نفس الخريطة الكنتورية؛ أما إذا كان غير ظاهر على السطح، وأمكنا التعرف (حسابياً) على سمك الطبقة (السابقة)، فيمكن هنا أن نحدد مكان سطحها السفلي على الخريطة بمعلومية سمك الطبقة، وسيتمثل هنا في مقدار الانخفاض الرأسي للسطح السفلي للطبقة عن سطحها العلوي.

#### ٢- خصائص/رسم الطبقات الرأسية:

في الطبقة الرأسية يكون خط المكشف هو خط مستقيم يقطع خطوط الكنتور، وإذا كان سمك الطبقة يسمح بظهور المكشفين (سطحها العلوي والسفلي) على خريطة واحدة، فسيظهران على شكل خطين مستقيمين يتقاطعان مع خطوط الكنتور، وإذا كان سمك الطبقة متساوي على

١٣ - للتفاصيل راجع: (مشرف وآخرون، ٢٠٠٢، ص ص ٢١٣-٢١٩) و (الطحلاوي، ٢٠٠٧، ص ص ٤٥-٤٨).

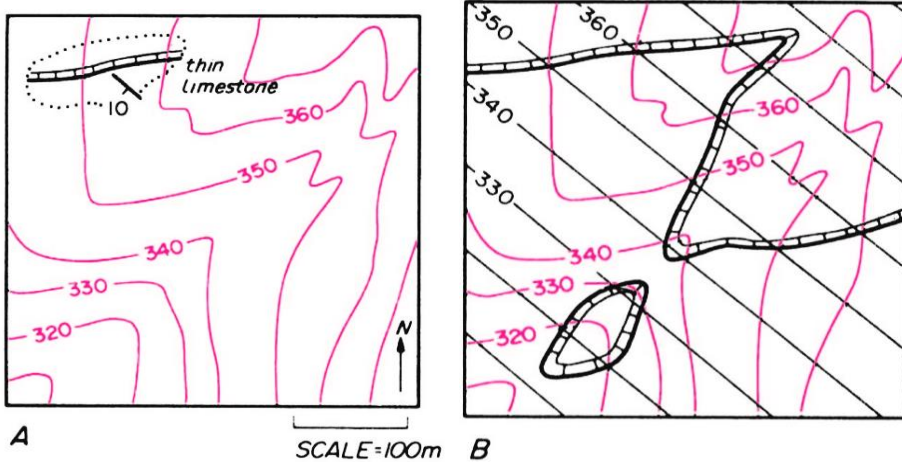
طول امتداده، فستكون خطي المكشفين متوازيين؛ ومن خلال خصائص الطبقات الجيولوجية السابق ذكرها يمكننا رسم وتحديد الطبقات الرأسية **Vertical Beds** على الخريطة.

### ٣- خصائص/رسم الطبقات المائلة: (١٤)

نظراً لإمكانية ميل الطبقات بأكثر من زاوية وإلى أكثر من جهة، فتتعدد طرق رسم الطبقات المائلة **Inclined Strata / Tilted Beds** على الخريطة الجيولوجية، ويمكن رسمها من خلال معرفة واحدة مما يلي:

- اتجاه ميل ومسافة مضربية.
- خطي مضرب مُحدد منسوبهم (الشكل ٦).
- خط مكشف واتجاه وزاوية ميل (الشكل ٢٤).
- خط مكشف لسطح أو سطحي طبقة واحدة (الشكل ٨).
- اتجاه وزاوية ميل الطبقة من نقطة مكشف واحدة (الشكل ٢٥).
- ثلاث نقاط مكشف اثنان منهم على خط كنتور يحمل نفس القيمة.
- ثلاث نقاط مكشف على مناسيب مختلفة (الشكل ٢٦).

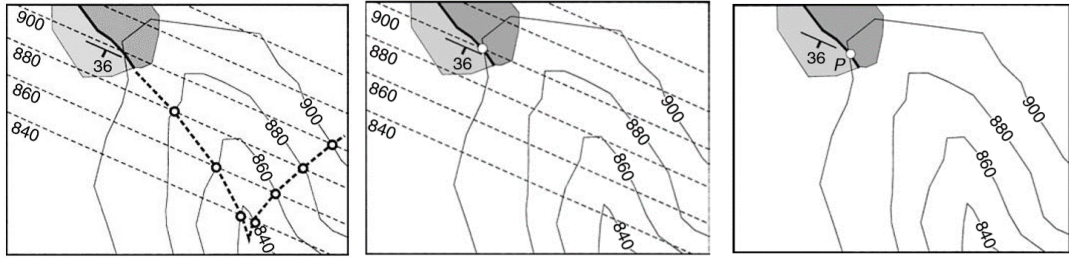
(شكل ٢٤) رسم طبقة بمعلومية اتجاه وزاوية ميل الطبقة من نقطة مكشف واحدة



المصدر: (Lisle, R. J., 2004, p.13).

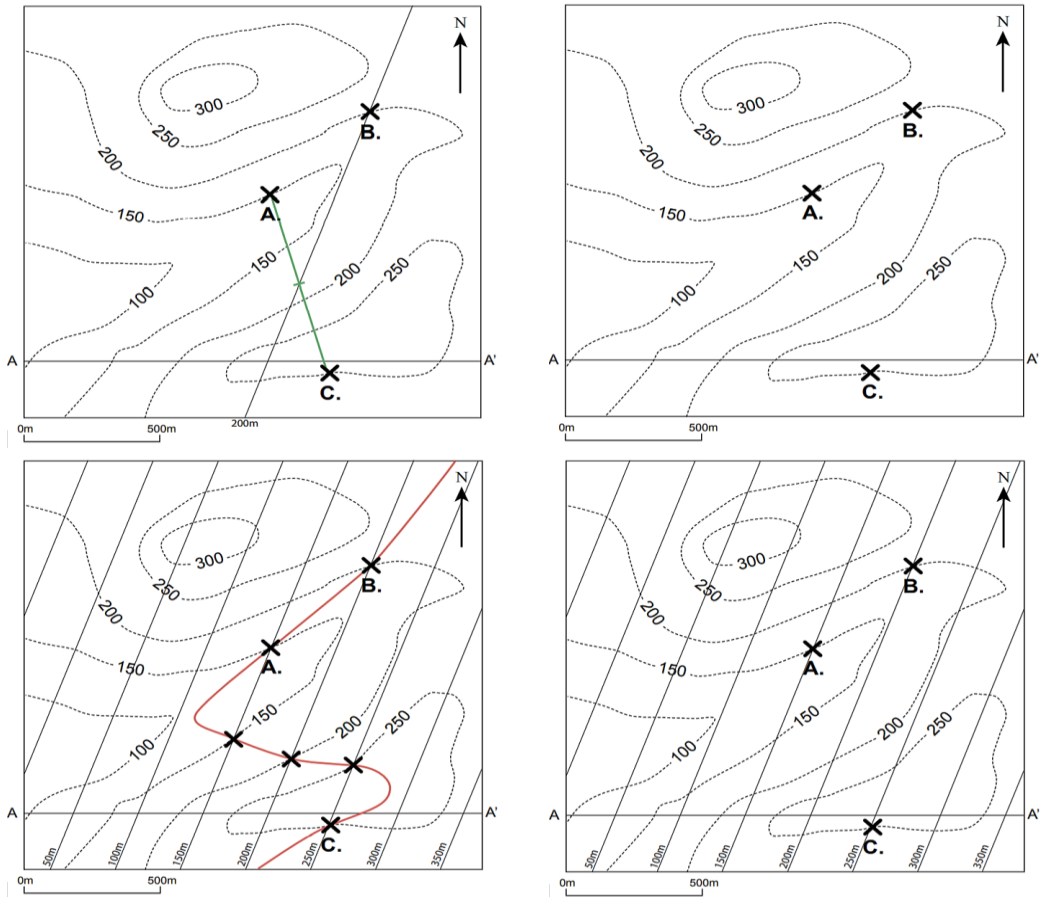
١٤ - للتفاصيل راجع: (مشرف وآخرون، ٢٠٠٢، ص ص ٢٢٣-٢٣٩) و (الطحلاوي، ٢٠٠٧، ص ص ٤٨-٦٠).

(شكل ٢٥) رسم طبقة بمعلومية اتجاه وزاوية ميل الطبقة من نقطة مكشف واحدة



المصدر: (Barnes, J. W., Lisle, R. J., 2004, p.54).

(شكل ٢٦) رسم طبقة بمعلومية - ثلاث نقاط مكشف على مناسيب مختلفة

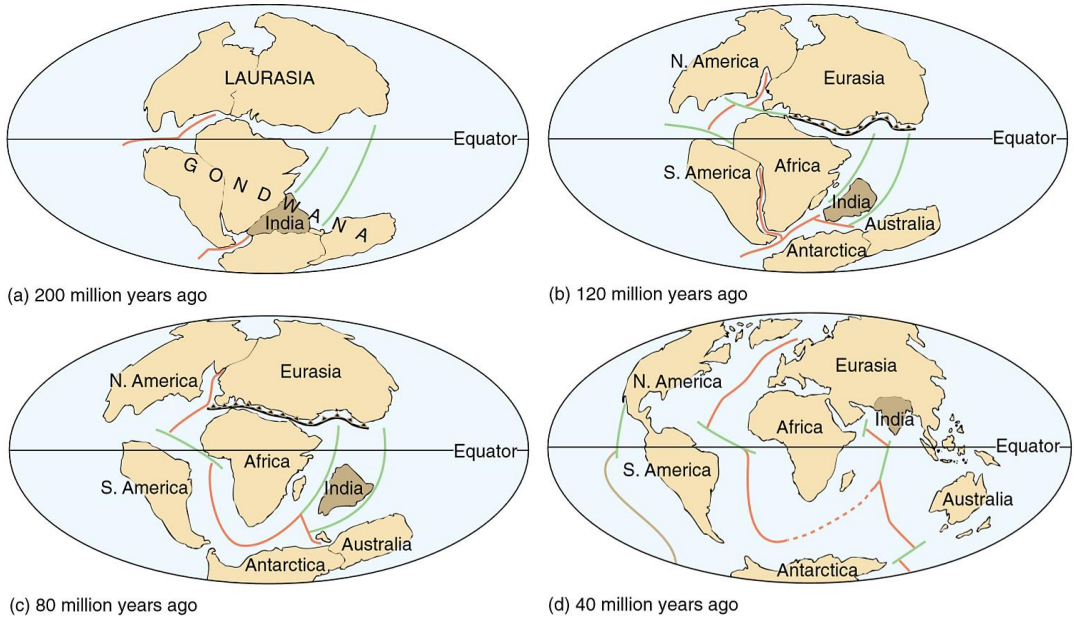


المصدر: (Houghton, J., (n.d.). Pp. 30-33)



**رابعاً: خصائص/رسم التراكيب الجيولوجية:**

القشرة الأرضية تتعرض باستمرار إلى حركات تكتونية تؤدي لعدم استقرارها، وقد تكون هذه الحركات سريعة كما في البراكين أو الزلازل، أو بطيئة تتم على مدى ملايين الأعوام (الشكل ٢٧)، [ ]، ويمكن أن تكون العوامل المُغيرة لأسطح القشرة الأرضية عوامل سطحية ينتج عنها النحت أو النقل أو الترسيب أو امتلاء حوض مائي بالرواسب أو تمدد وانكماش للغطاءات الجليدية، وبالرغم من هذا التقسيم للعوامل المُشكلة لتضاريس الأرض، إلا أنه لا يمكن فصلهم عن بعضهم البعض، تكاملهم وتشكلهم في منظومة واحدة متداخلة. ولذلك عند الدراسة يُدرس كل منهم بشكل منفصل لتسهيل فهم تفاصيلهم (طربوش، ٢٠٠٨، ص ٥٣٣؛ بتصرف).

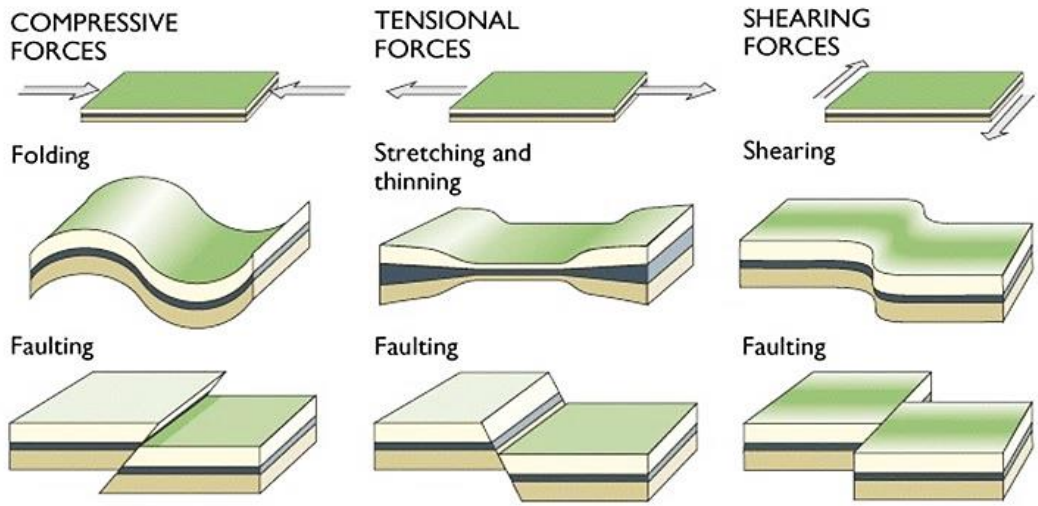
**(شكل ٢٧) تحركات القارات عبر ملايين السنين**

المصدر: (Thompson, G. R., Turk, J., 1997. P. 213).

ونتيجة لتعدد الحركات الباطنية التي تواجه التكوينات الصخرية على طول التاريخ الجيولوجي الذي مرت به الأرض، وما نتج عنها من العديد من الحركات الرأسية والأفقية

والمائلة لكتل الطبقات الجيولوجية، مما أسفر عن تكرار تأثر محتويات هذه التكتلات الصخرية بقوى الشد **Tensional** والضغط **Compressive** والقص **Shearing** (الشكل ٢٨)، وأنتج مجموعات متنوعة من الأشكال التركيبية المختلفة، والتي نتج بعضها عن عمليات الطي **Folding** في حال كانت الطبقات الصخرية لينة ونتاج بعضها الآخر عن عمليات الانكسار **Refraction** في حال كانت الطبقات الصخرية صلبة بل والأغلب تأثر بحدوث كلاهما معاً.

### (شكل ٢٨) نماذج من عمليات الطي والانكسار حسب نوع العملية ونوع الصخر



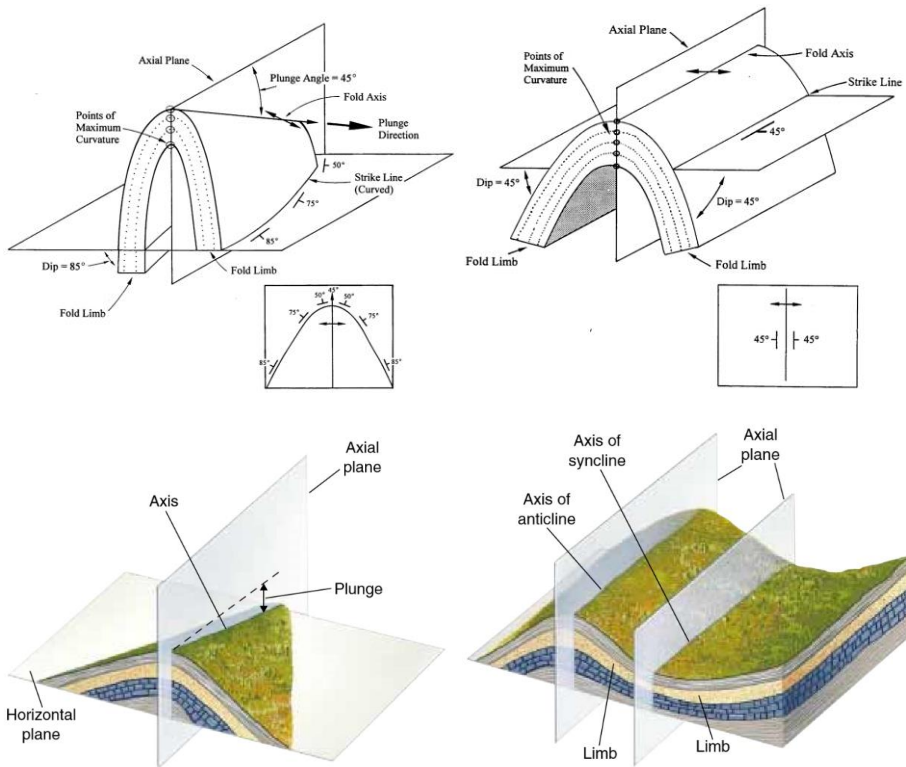
المصدر: (Morris, L., 2016).

### ١- خصائص/رسم الطيات:

تتعرض الطبقات الصخرية الرسوبية إلى حركات تكتونية، [ ] تؤدي إلى تشكل التواءات أو تموجات بسبب العمليات الباطنية البطيئة، وينتج عنها تحذبات وتقعرات يُطلق عليها اسم تضاريس التوائية، وتتألف كل واحدة من هذه الالتواءات أو الطيات من هذه العناصر: محور الطية، المقعر، المحذب، الجناحان، المستوى المحوري، المفصلة (الشكل ٢٩)، ولأن عمليات الضغط متغيرة من حيث الاتجاه والشدة، وكذلك الصخور الرسوبية متباينة من حيث النوع و الثخانة والصلابة، فنتج عنها أشكال مختلفة من التواءات بسيطة متدرجة وصولاً للمركبة، ومن أهم أنواع الطيات البسيطة الطيات المائلة والمتناظرة والشديدة الميل

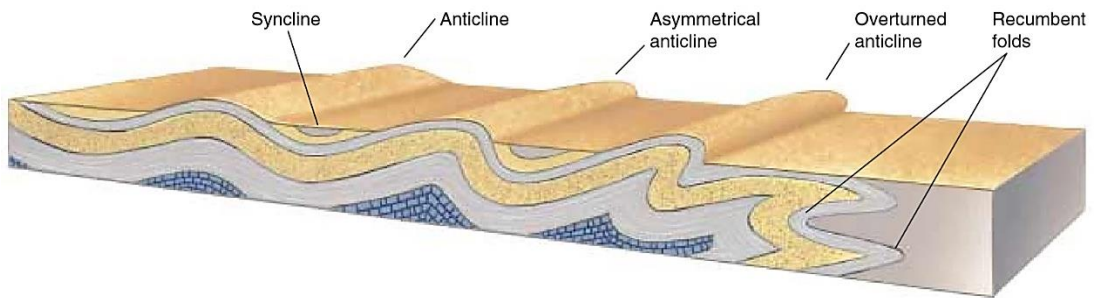
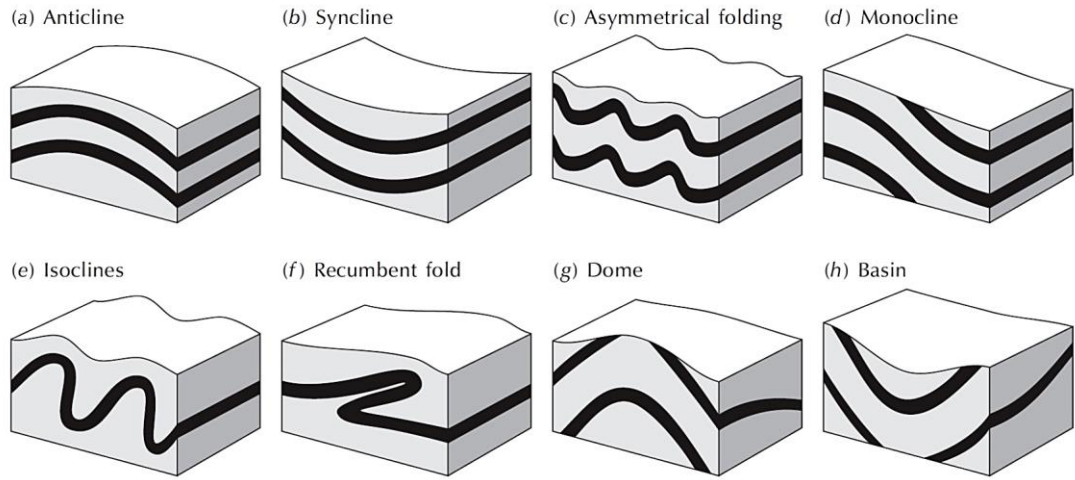
والمقلوبة والمتوازية والنائمة (الشكل ٣٠)، والطيات التي على شكل الركبة والمروحية... إلخ، أما الطيات المركبة فهي من الطيات القديمة وهي منتظمة ومتناظرة من حيث الارتفاع والتباعد، [ ] ويمكن أن تكون غير معقدة ومتناظرة كما في جبال الألب في سويسرا (طربوش، ٢٠٠٨، ص ٥٣٣؛ بتصرف). ويطلق مصطلح الطية المحدبة **Anticline Fold** على الجزء المحدب الذي تميل فيه الطبقات الصخرية في اتجاهين متضادين بالنسبة لمحور أفقي، وهو أشبه شيء بعقد البناء، ويطلق مصطلح الطية المقعرة **Syncline Fold** على الجزء المقعر الذي تميل فيه الطبقات الصخرية في اتجاهين متقابلين في محور بينهما، فهذا أشبه شيء بالقناة (السيد، ٢٠٠٨، ص ٤٦-٤٧).

### (شكل ٢٩) نماذج للطيات المتماثلة



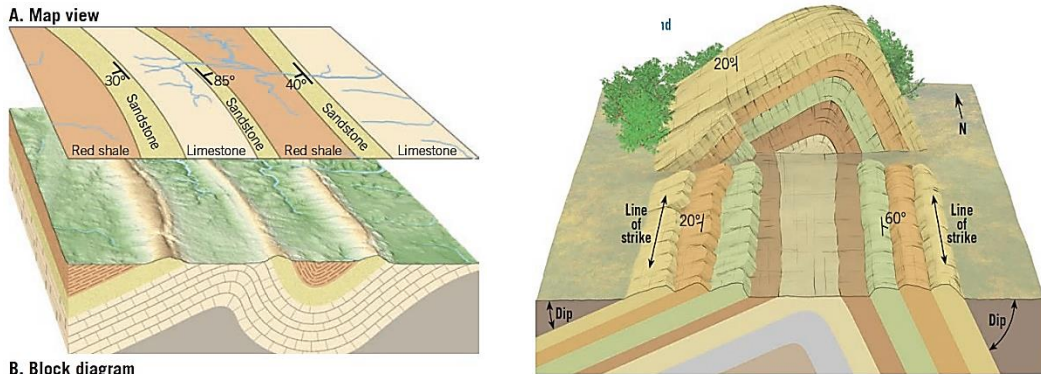
المصادر: (Haywick, D., 2008, Pp. 90,93)، (Thompson, G. R., Turk, J., 1997. P. 202).

(شكل ٣٠) نماذج من أشكال الطيات



المصادر: (Geoclasses, 2020)، (Thompson, G. R., Turk, J., 1997. P. 203).

(شكل ٣١) نماذج مجسمة للطيات غير المتماثلة

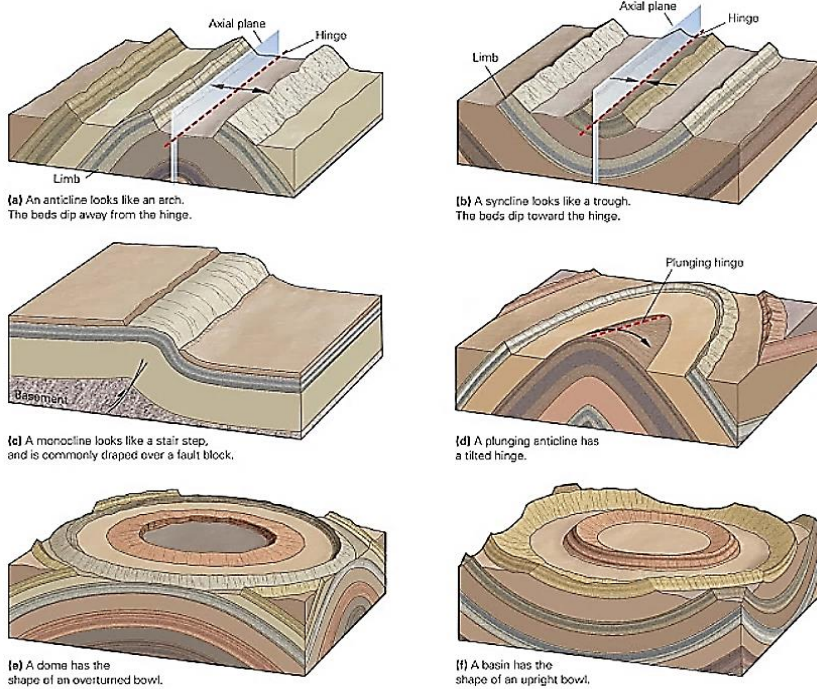


وتُعد الطبقات الرسوبية كبيرة السمك وحديثة العمر هي أنسب الصخور لإظهار تأثير حركات الطي التثني في تشكيل صخور القشرة الأرضية، [ ] فإذا كانت الحركة هي رفع بسيطة



أو شديدة لكن من جانب واحد فقط، فنتج عن ذلك ميل جزء من الطبقة إلى أعلى، وإذا في القسم الأوسط من الطبقات الصخرية فتنتهي هذه الطبقات على شكل ثنية محدبة، وتتفصل عن بعضها البعض بواسطة الثنيات المقعرة، وتنقسم الثنيات المقعرة والمحدبة إلى مجموعتين [أساسيتين] (الشكل ٣١ و ٣٢) وهما الثنيات المحدبة والمقعرة غير المتماثلة **Asymmetrical Folds** والمتماثلة **Symmetrical Folds** (مقاتل من الصحراء، ٢٠١٩؛ بتصرف).

### (شكل ٣٢) نماذج مجسمة للطيّات المتماثلة والفاطسة والقباب والأحواض



المصدر: (Ok, 2020).

وأحياناً يحدث بعد أن تتعرض طبقة للطي مُنتجةً سلسلة متتابعة من الطيات المحدبة والمقعرة، وبعد أن تتألي عليها عوامل التعرية تزيل الجوانب المحدبة جيولوجياً منها فتصبح على هيئة مقعرة، لكنها مقعرة تضاريسياً وليس جيولوجياً، وتسمى في هذه الحالة بالتضاريس المعكوسة **Inverted Relief**؛ وأحياناً أخرى يحدث أن يميل محور الطية رأسياً فينتج ما يسمى بالطيّة الفاطسة **Plunge Fold**، والتي تُغير في شكل خطوط مكاشف طبقاتها وتجعلها تختلف

عن شكل خطوط مكاشف الطيات المتماثلة، فبدل أن يتوازي خطي مكشف جانبي الطية المتماثلة (على وجه الخريطة)، يحدث تقارب تدريجي لخطي الطية الغاطسة جهة الجزء الغاطس من الطية حتى يحدث اتصال لخطي مكشف الجناحين. وفيما يلي مجموعة متنوعة من أشكال الطيات المختلفة كالمتماثلة وغير المتماثلة (لاحظ في كل شكل: زاوية محور الطي، ومقدار ميل كل جناح، وتتابع ترتيب الطبقات في كل طية).

المصدر: (Tarbuck, E. J., et al., 2014, P. 356).

ويمكن تصنيف الثنيات بناءً على أشكالها ومحاورها وخصائصها إلى ما يلي: (١٥)

- أ- ثنية نائمة **Recumbent Fold**: تحدث في المناطق التي تعرضت لحركات رفع شديدة، وتؤدي إلى بناء الجبال الكبيرة، كما هو الحال في مرتفعات الروكي والهمالايا والألب، وفيها يميل المحور بدرجة بين ٧٠ إلى ٨٠ درجة عن الزاوية القائمة، وبالتالي تنتهي وتستلقي الثنية المحدبة على ما تحتها من الطبقات الصخرية.
- ب- ثنية وحيدة الجانب **Monocline**: لها جانب واحد **One Limb** والجانب الآخر غير واضح، وتكاد تكون الطبقات أفقية، وهي غير شائعة الانتشار.
- ج- ثنية مقلوبة **Overtured Fold**: محورها يميله بنحو ٦٠ درجة، وبالتالي يكون ميل الطبقات على جانب من الثنية أشد منه على الجانب الآخر، توجد في المناطق التي تتعرض لحركات التوائية شديدة نسبياً.
- د- الثنيات المقعرة والمحدبة الكبيرة **Anticlinorium/ Synclinorium**: إذا كانت الثنية المقعرة تحتوي مجموعة من الثنيات المحدبة فتعرف بالثنية المقعرة الكبيرة. أو تشمل الثنية المحدبة مجموعة من الثنيات المقعرة فتعرف بالثنية المحدبة الكبيرة.
- هـ- الثنيات الملتوية **Folds Zigzag**: تتخذ الشكل الهرمي، وفيها تكون الثنيات المحدبة رأسية وتتشابه جوانبها في مقدار زاوية الميل.

١٥ - مصدر: تصنيف الثنيات بناءً على أشكالها ومحاورها وخصائصها (مقاتل من الصحراء، ٢٠١٩؛ بتصرف).

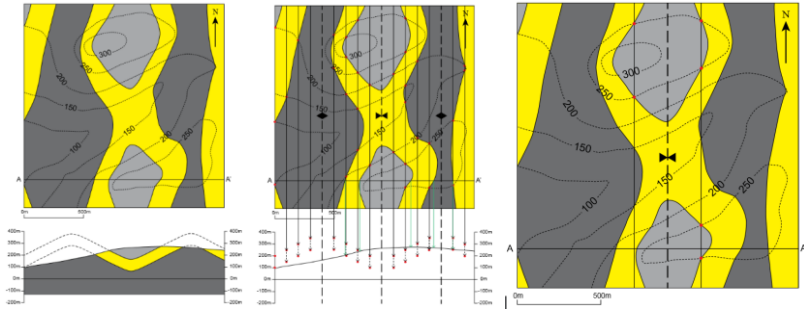


تنشأ التضاريس الالتوائية خلال الطيات [حيث]: تلتوي الصخور الرسوبية بصورة شديدة أو خفيفة، وبشكل غير متناظر أو متناظر، وفي حال تواجد تعاقب منتظم من الطيات، فإن النحت يعمل على بري الطبقات الطرية بسرعة أكبر من التأثير في الطبقات الأكثر قسوة، وتحتوي الجبال الالتوائية على مجموعة عناصر منها السنام (المحذب)، والسنام المفرغ (المقعر)، والخانوق (الزور) وهو الوادي الصغير المحفور في خاصرة المحذب،، ويمكن أن يظهر ما يسمى بالانقلاب التضاريس ويحدث نتيجة استمرار تطور التضاريس واستمرار عمليات النحت [ ] حتى تصير المحدبات أخفض من المقعرات، ولكن إذا ارتفعت المنطقة بعد وصولها إلى مرحلة الشيخوخة، فسيتجدد النحت ويعمل في الطبقات الرخوة تاركاً الصخور القاسية بارزة، وفي جبال الأبالاش يظهر هذا النموذج من التضاريس الالتوائية الذي تكون فيه هذه القمم ارتفاع واحدة ممثلة لدورة سابقة (طربوش، ٢٠٠٨، ص ٥٣٣؛ بتصرف).

يمكن قراءة تاريخ الأرض من خلال معرفة الطبقات الأقدم والأحدث من خلال دراسة الطيات وتحديد عمر الطبقات النسبي، حيث تعد الطيات [المقعرة] من أهم التراكيب الجيولوجية المناسبة لتجميع البترول، [ ] ولها أهمية كبيرة في حركة وتجمع المياه تحت السطحية، وكذلك هي أماكن تجمع لبعض الرواسب المعدنية مثل رواسب الفوسفات (طية، ٢٠٢٠؛ بتصرف).

من (الشكل ٣٣) يظهر لنا أنه لا تختلف خطوات رسم الطيات Folds كثيراً عن رسم الطبقات المائلة سابقة الذكر، غير أن هناك بعض العناصر يجب الانتباه إليها أثناء رسمها، مثل الانتباه إلى مقدار زوايا ميول كل جناح من جناحي الطية Fold Limbs، مما سيحدد نوع الطية كطية متماثلة أم أحادية الميل، وكذلك يجب الانتباه إلى اتجاه محور الطية Axial Plane واتجاه ميول الطبقة نسبة إلى هذا المحور، فإذا كانت الميول للخارج فستكون الطية محدبة، وإذا كانت للداخل فستكون الطية مقعرة، ويترتب على ذلك اتجاه ترقيم خطوط المضارب (للخارج أم للداخل)، وأيضاً سيتحدد مقدار المسافة المضربية لجناحي الطية.

## (شكل ٣٣) مراحل رسم الطيات



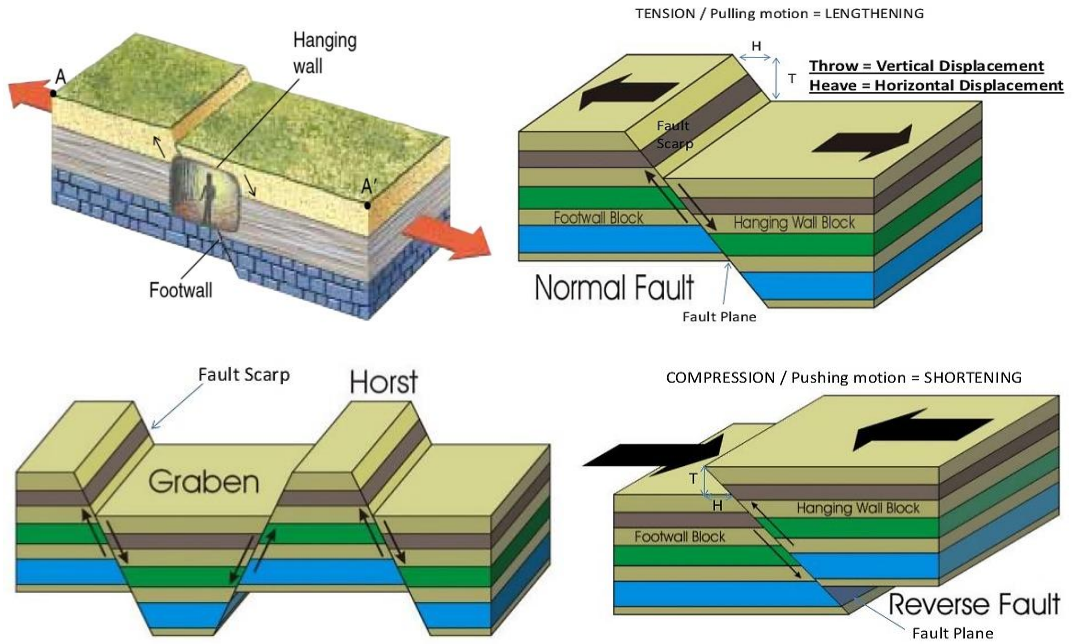
المصدر: (Houghton, J., (n.d.). Pp.41-43).

## ٢- خصائص/رسم الانكسارات: (١٦)

نظراً لقلّة صلابة الصخور الرسوبية الحديثة فتؤثر الالتواءات فيها، على عكس الصلابة تتأثر بالحركات الصدعية ونادراً ما تتأثر بحركات الطي والثني، ينتج عن هذه الحركات زحزحة أجزاء الطبقات رأسياً وأفقيًا على طول سطوح الصدوع **Fault Surfaces** ويمكن أن يحدث انكسار دون أن يحدث زحزحة في أي أجزاء هذه الطبقات الصخرية، وفي وتسمى عندها الشروخ الصخرية بالفواصل **Joint**، وباسم الشقوق **Cracks** إذا كانت أصغر حجماً، وتختلف اتجاهات الشقوق والفواصل في الصخر إما أفقية أو رأسية أو مائلة **Inclined**، ويمكن أن يتأثر الصخر ببعض هذه الشقوق أو الفواصل أو جميعها معاً، وقد يتأثر الصخر باتجاهين يتقابلان في زوايا قائمة، ينتج عنها تقسيم كتل الصخر إلى المكعبات الصغيرة (مقاتل من الصحراء، ٢٠١٩؛ بتصرف). ويتعبّر الفالق هو الانكسار الذي يصيب الطبقات الصخرية فيؤدي إلى تشويهاً من الناحية الهندسية، وتوجد الصدوع في جميع أنواع الصخور بدرجات متباينة، ويتكون الصدع من عناصر رئيسية (الشكل ٣٤) هي: مضرب الانكسار، رمية الصدع، شفتا الصدع، زاوية الميل، النطاق الانكساري، الحافة الانكسارية (طربوش، ٢٠٠٨، ص ٥٣٣؛ بتصرف). مع الانتباه إلى أن الرمز **T** هو مقدار الرمية، و **H** هو مقدار الإزاحة.

١٦ - للتفاصيل راجع: (مصطفى، ٢٠٠٤، ص ص ١٩٧-٢١٤).

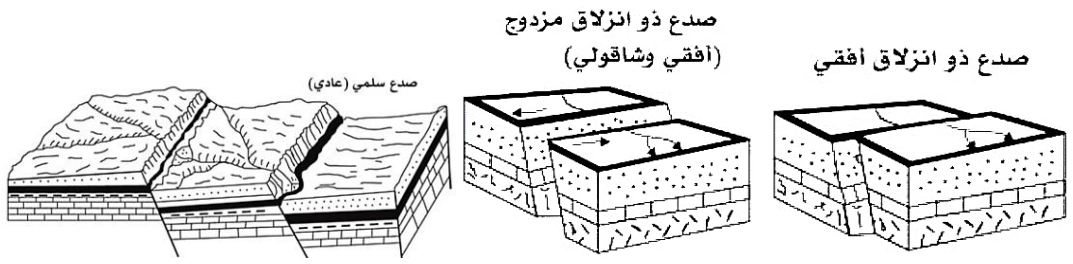
### (شكل ٣٤) من الأنواع الرئيسية للانكسارات



المصدر: (Mutua, D., 2013)، (Thompson, G. R., Turk, J., 1997. P. 206).

ولا تختلف خطوات رسم الانكسارات **Faults** كثيراً عن رسم الطيات سابقة الذكر، غير أن هناك بعض العناصر يجب الانتباه إليها أثناء رسم الانكسارات مثل اتجاه محور الانكسار، ومقدار زاويته، ومقدار مسافة الانزلاق (الرمية)، والعامل المسبب لعملية الانكسار (الشكل السابق) حيث إن هذه العناصر هي التي ستحدد خصائص الكتلة المنكسرة، ففي حال حدوث الكسر العادي **Dip-Slip** الناتج عن عامل الشد، تكون كتلة القدم **Foot Wall** هي التي تعلو كتلة الرأس **Hanging Wall** وهذا سينتج عنه انزلاق للطبقات وانقطاع في امتداد الطبقات بين الكتلتين؛ أما في حال حدوث الكسر العكسي **Reverse Fault** الناتج عن عامل الضغط (الشكل ٤٥ - ب) فتكون كتلة الرأس هي التي تعلو كتلة القدم، وهذا سينتج عنه اختلاف في ترتيب الطبقات بالإضافة إلى الانزلاق وانقطاع الامتداد بين الكتلتين؛ أما في حالة الكسر [الانزلاقي أو] المضربي **Strike-Slip Fault** فتكون الإزاحة أفقية (الشكل ٣٥) ولا ينتج عنها ارتفاع أو انخفاض لأي من الكتلتين.

## (شكل ٣٥) نماذج من أنواع الصدوع



المصدر: (طربوش، ٢٠٠٨، ص ٥٣٣).

عادةً تُصنف أنواع الصدوع نسبة لمعدلات التحرك الكتلتي الصخري ومقدار زحزحتها على جانبي خطوط الصدوع، وبذلك تقسم للأنواع الآتية: الصدع (المعكس) وفيه يميل مستوى الصدع لجهة [الجانب] المرتفع، وتأخذ فيه الشفا العليا المستقلية وضعاً هابطاً، والشفا السفلى المعلقة وضعاً مرتفعاً، الصدع الموافق (العادي) وفيه أحد الجانبين انزلق نحو الأسفل في اتجاه مستوى الصدع، الصدوع (السلمية) (الشكل ٣٩) تظهر عند حدوث عدد من الصدوع مختلفة [المستوى]، ويكون النزول على القطاعات بواسطة مجموعة من المدرجات المتتالية، الصدوع (المتباعدة أفقياً) وفيه الحركة أفقية وموازية لخط ظهور الانكسار، الصدع (المركب) وفيه تهبط الكتل والطبقات الصخرية بين كسرين، وينشأ بينها إما منخفض (أخدود) أو (غور Graben)، ويمكن أن يحدث العكس فترتفع الكتلة الصخرية الوسطى للأعلى فيتشكل (نجد Horst) (طربوش، ٢٠٠٨، ص ٥٣٣؛ بتصرف) (الشكل ٣٨).

ويمكن تقسيم الصدوع إلى عدة أنواع أهمها: (١٧)

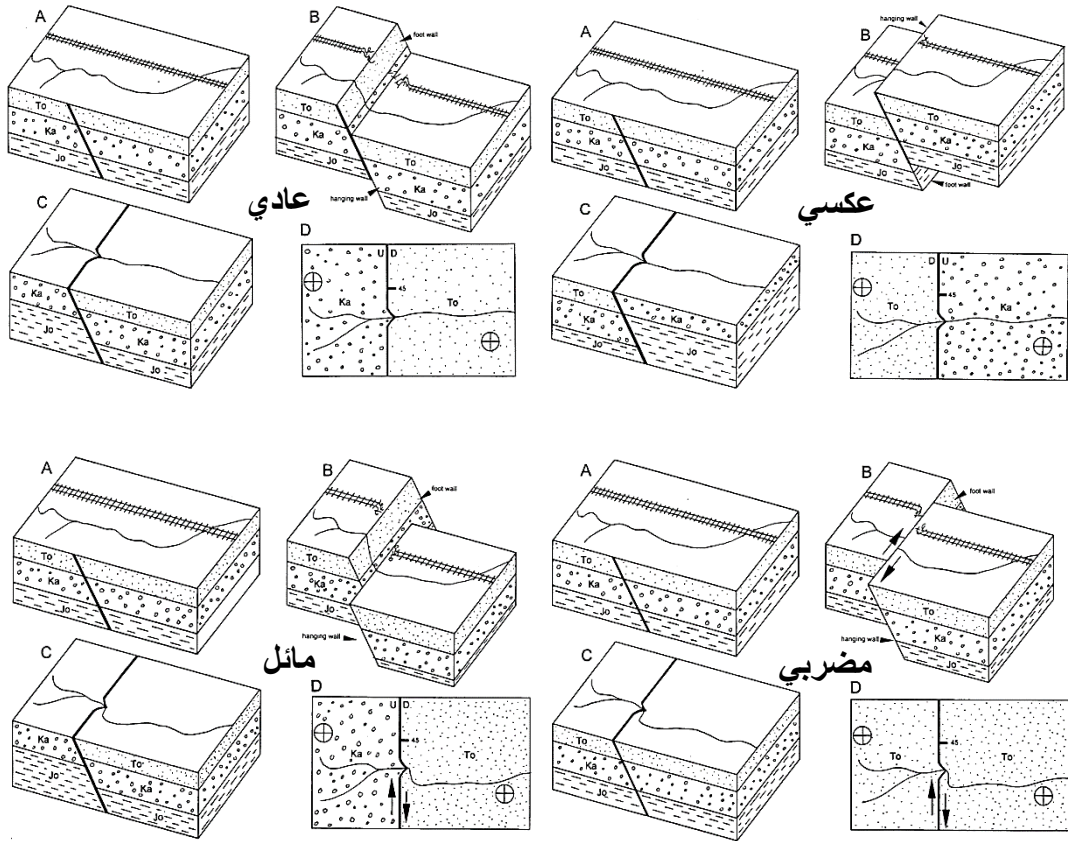
- أ- الصدوع السلمية Step Faults: وهي سلسلة من الصدوع المتوازية، وتكون رمياتها في اتجاه واحد، فتظهر على هيئة مصاطب أو مدرجات Terraces متتالية.
- ب- الصدوع العكسية Reverse or Thrust Fault: يتميز بأن زاوية سطحه حادة، ويحدث نتيجة لعمليات الضغط أكثر من عمليات الشد.

١٧ - مصدر: أنواع الصدوع (مقاتل من الصحراء، ٢٠١٩).

- ج- الصدوع العادية **Normal Fault**: ينتج عن عمليات شد **Tension** الطبقة أكثر منه بفعل الضغط عليها **Compression** ، وهو أكثر أنواع الصدوع انتشاراً.
- د- الصدوع الجانبية **Lateral Fault**: عادة ما تصاحبه الطيات النائمة، وفي هذا النوع لا تُرمى الطبقات إلى أعلى أو إلى أسفل إنما تتزحزح أفقياً.
- هـ- ثنية نائمة صدعية **Over-Thrust Fold**: شبيهه بالثنية النائمة، لكنها نتيجة لشدة ميل محور الثنية، تتعرض الطبقات لحركة صدعية فتزحف الطبقة العلوية إلى فوق السفلية.
- و- الصدوع الأخدودية **Graben or Trough Faults**: من أمثله الصدع الأخدود الأفريقي الكبير **Great African Rift Valley** وينشأ بسبب حدوث صدعين متوازيين وهبوط ما بينهما (الشكل ٣٨).
- ز- (الهورست) صدوع مكونة للضهور الصدعية **Horst**: تحدث نتيجة حدوث صدوع متوازية، تحصر بينها كتلة مرتفعة (الشكل ٤٥ - د)، تسمى باسم الضهر أو الهورست، وقد يكون ارتفاعها نتيجة لهبوط الطبقات المجاورة لها أو نتيجة اندفاعها إلى الأعلى.
- وفيما يلي مجموعة متنوعة من أشكال الانكسارات المختلفة (الشكل ٣٦)، نلاحظ في كل مجموعة منها وضعية كل من (زاوية الانكسار - وضعية كتلتي الرأس والقدم - تتابع ترتيب الطبقات - شكل السطح الخارجي بعد عملية الانكسار).
- التضاريس الصدعية تنشأ خلال الانكسارات [حيث أن]: الكسور التكتونية هي المسؤولة عن تفاوت المستويات بين كتل صخور القشرة الأرضية، فإن ارتفعت الكتلة الصخرية على امتداد الصدع عندها يعمل النحت عليها، في حين يسود التراكم فوق الكتلة الهابطة إذا لم يعزلها الجريان، ومن ثمة تأخذ الأنهار وضعاً متعامداً مع الجرف الصدعي، وتكسبه واجهة ذات شكل شبه منحرف قاعدته الكبرى هي قاعدة الجرف، [ وتظهر هذه الأشكال بوضوح في المناخ الجاف ]، حيث يعمل كل من النحت على سفوح المجاري المائية فنقطع الجرف، وتسقط الواجهات بسبب تراجع الجرف بعد مدة، [ فتتراكم على أقدامه الأنقاض الآتية من الكتلة العليا، وبهذا يتم تراجع الجرف الصدعي بحسب قوانين النحت التفاضلي (الاصطفائي)،

فإذا كانت المنطقة ذات بنية رسوبية تقطعت إلى كتل وحيدة الميل بسبب الصدوع المُعاكسة، ففتشاً (الكويستات) بسبب التراجع، ويختتم تطور الجروف الصدعية بالتسوية (طربوش، ٢٠٠٨، ص ٥٣٣؛ بتصرف).

### (شكل ٣٦) خرائط ومجسمات وأشكال أسطح الانكسارات



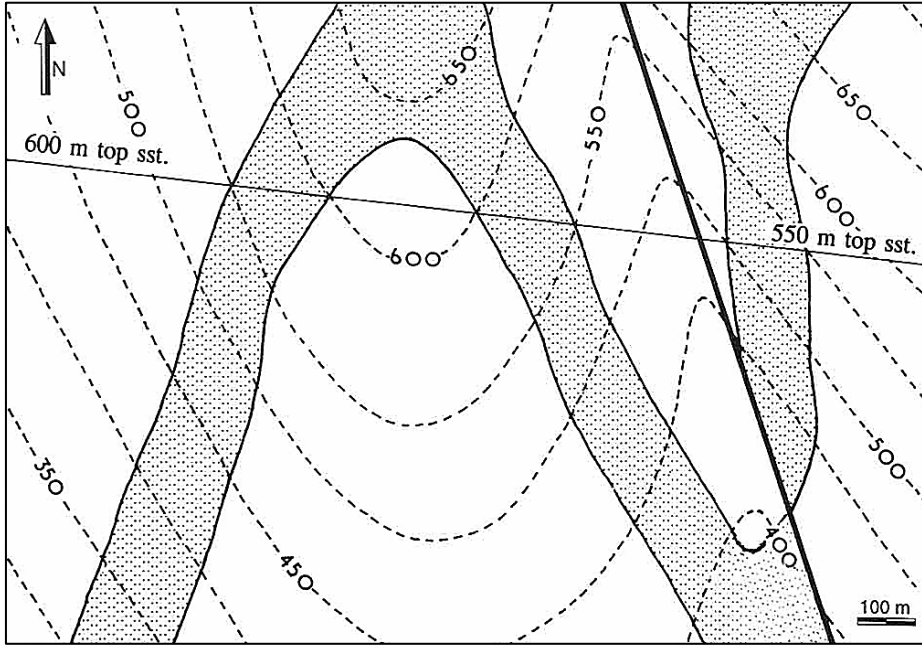
المصدر: (Haywick, D., 2007, Pp. 5-6).

وتكمن أهمية الصدوع والفوالق في إمكانية تكوين مصائد أو محابس بترولية، عندما تَسْفُل الطبقة المسامية الحاوية للبتروول طبقة أخرى غير منفذة بسبب حدوث الفالق، وهناك أهمية كبيرة أخرى للفوالق في تكوين الخزانات الصخرية للمياه الأرضية، كما تعتبر الفوالق مجرى للمحاليل المعدنية، لتصل للأماكن التي ستترسب فيها، وقد تترسب فيها المعادن الاقتصادية في الشق الرئيسي للفالق (فالق، ٢٠٢٠؛ بتصرف).



من خلال خصائص الطبقات الجيولوجية السابق ذكرها يمكننا رسم وتحديد الطبقات التي حدث لها انكسار على الخريطة، فمن خلال الخريطة التالية (الشكل ٣٧) والتي توضح طبقة من الحجر الرملي، حدث لها انكسار مبين على الخريطة، يمكننا إنشاء قطاع تضاريسي جيولوجي على المحور المستقيم الموضح على الخريطة، ووضح عليه متوسط معدل الانحدار التضاريسي، وزاوية ميل الطبقة واتجاهها، وجميع البيانات التفصيلية الأخرى، ثم نقوم بتفسير المظاهر التضاريسية والجيولوجية بالمنطقة بالاعتماد على محتويات الخريطة والقطاع.

(شكل ٣٧) طبقة من الحجر الرملي تعرضت لانكسار



المصدر: (Weijermars, R., 2011, p.169).

ونلاحظ هنا أن جميع الخطوات السابقة هي عمليات تمهيدية ضرورية للحصول على بيانات تفصيلية عن (الطبقات) الجيولوجية، والتي بدورها ستُدرج بعد ذلك في بيئة نظم المعلومات الجغرافية مع البيانات المستخرجة من المرئيات الفضائية عن (التراكيب) الجيولوجية وكذلك المستخرجة عن الخريطة السطحية (للتكوينات) الجيولوجية، وتتوافر البيانات والمعلومات عن هؤلاء الثلاث مكونات الجيولوجية (الطبقات)، (التراكيب)، (التكوينات) يمكننا دمج

وإخضاع كل هذه البيانات والمعلومات الجيولوجية لعمليات القياس والتحليل والمطابقة، ثم الخروج بخرائط جيولوجية رقمية دقيقة، يمكن استخدامها في مجالات الجغرافيا الطبيعية والطبوغرافيا... إلخ، ومن ثم الاستفادة بها في كثير من المجالات المجتمعية المتعددة.

### خامساً - إنتاج الخرائط الرقمية الجيولوجية من المرئيات الفضائية:

لإنتاج الخرائط الجيولوجية الرقمية يجب الاستعانة بالبرامج الحديثة المتخصصة في مثل هذا المجال، مثل برمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS أو برمجيات الاستشعار من البُعد Remote Sensing، مثل برامج ArcGIS أو ERDAS IMAGINE أو ENVI أو... إلخ، وكذلك أيضًا يجب التعامل مع برمجيات خاصة بعمل وإنشاء قطاعات الطبقات الجيولوجية الرأسية مثل برنامج GEO5 أو غيره. وكالعادة قبل الشروع في عملية استخراج خريطة التراكيب الجيولوجية من المرئيات الفضائية يجب إخضاع هذه المرئيات لعمليات الضبط والتحسين مثل إزالة التشوهات الناتجة عن التأثير الجوي Atmospheric Effect<sup>(١٨)</sup>. وعمل Radiometric Corrections لكل مرئية بناءً على تاريخ ووقت التقاط كل واحدة منها. وذلك بتحويل قيم DN عديمة التمييز إلى قيم إشعاعية Radiance، ثم منها إلى قيم انعكاسية Reflection تقيس بتمييز  $\text{watts}/(\text{m}^2 \times \text{ster} \times \mu\text{m})$  وذلك من خلال إعداد خوارزمية Algorithm (نموذج رياضي) مبنية على عدة معادلات<sup>(١٩)</sup> تأخذ في حسابها إزالة تأثير عناصر الانعكاس -كموقع الشمس ودرجة تعامدها على الأرض- في درجة عكس الظاهرة للأشعة الشمسية، معتمدة على البيانات الخاصة بكل مرئية.

ومن ثم تزال التشوهات الناتجة عن العامل الطبوغرافي Topographic Effect. بعمل تصحيح هندسي Topographic /Geometric Corrections لكل طبقة من طبقات المرئيات، عن طريق نقاط تحكم أرضية GCP<sup>(٢٠)</sup> تم تحديدها على المرئية الفضائية الخام، لربطها

(١٨) للتفاصيل راجع (NASA, 2007)

(١٩) للتفاصيل راجع (Song, C., et al, 2001, pp.233-234)

(٢٠) Ground Control Points، ولحسابه استخدام المعيار الكمي لجذر متوسط مربع الخطأ (RMS Tolerance (Root Mean Square Error) لعدد أربع نقاط لكل مرئية، بحيث لا تتعدى نسبة الخطأ المسموح به لكل منها  $0.0025$  RMS؛ لضمان التوصل لأقرب دقة تطابق ممكنة بين المرئية الفضائية وما يقابلها من ظاهرات في الطبيعة.

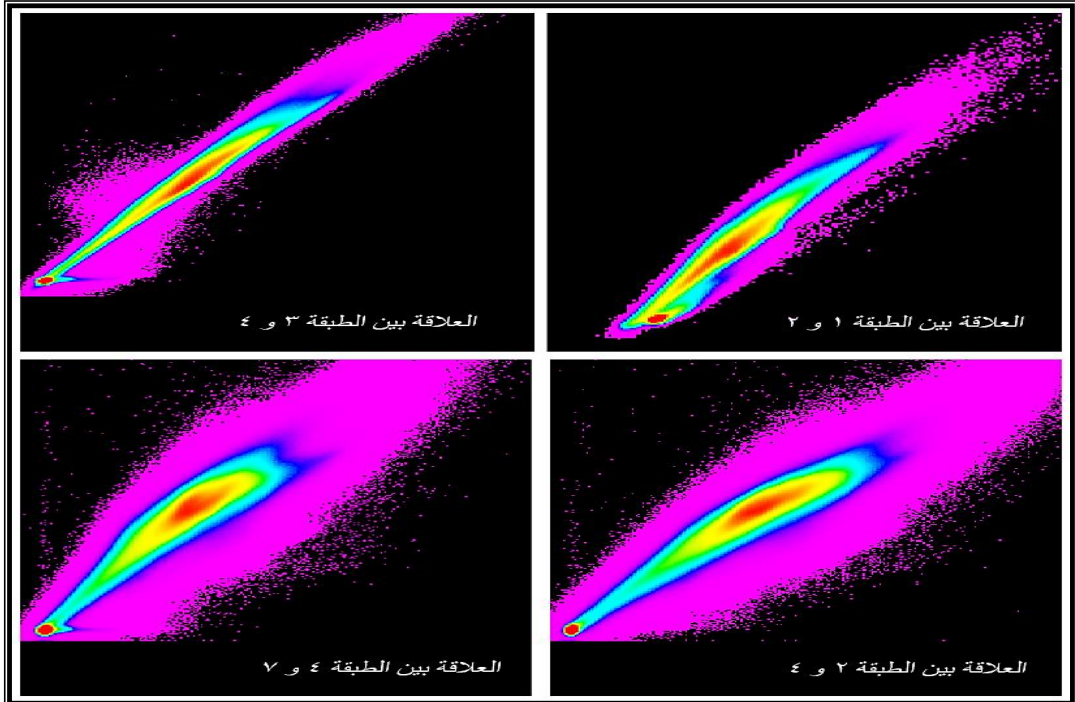
بالمناظر لها على الخرائط الطبوغرافية التفصيلية المرجعية للمنطقة، ومراجعتها ببعض نقاط الإحداثيات الجغرافية الملتقطة ميدانياً بواسطة جهاز GPS لبعض المناطق. وبذلك تصبح خلايا طبقات هذه المرئيات مُعدة وجاهزة لإجراء عمليات التحليل واستخراج البيانات منها.

وجدير بالذكر هنا أنه من الأفضل ألا يتم العمل على جميع طبقات المرئيات في آن واحد، وإنما الأفضل أن يتم العمل على طبقة واحدة أو مجموعة من الطبقات حسب ما يتناسب مع كل عملية تحليلية وبناءً على خصائص الطبقة وطبقاً لمعايير معينة متعارف عليها. فمثلاً لاختيار الطبقات التي تحتوي على أقل مجموعة من البيانات المكررة، تُستخدم البصمات الطيفية **Signatures Spectrum** لكل تركيبه مختلفة من الطبقات من كل مرئية (الشكل ٣٨)، للمساعدة الأولية في تصنيف الوحدات نطاقات الجيولوجية بناءً على هذه البصمة. ومن خلال هذه البصمة يتم عمل تصنيف غير موجه<sup>(٢١)</sup> لاستخراج فئات محددة لسطوح المنطقة المدروسة، ثم تتوزع هذه السطوح بالترتيب من الأقدم إلى الأحدث تكويناً من خلال استخراج مرئية جديدة كمحصلة نهائية، ذات مكونات سطحية للوحدات الجيولوجية المنفصلة عن بعضها البعض.

ثم يتم إدراج كل هذه النتائج المستخرجة في قاعدة البيانات الخاصة بمنطقة الدراسة من خلال البرمجيات المدروس بها، وذلك لاستخدامه لاحقاً في عمليات التحليل والتفسير. ونواتج هذه البصمة تحدد لنا أفضل الطبقات المشتركة بين المرئيات في تواريخ مختلفة، وتبين نطاقات أغلب الرواسب المفككة سواء القديمة أو متوسطة العمر أو الحديثة، والتي تظهر في صورة أعلى انعكاس لقيم خلاياها بشكل واضح من خلال الطول الموجي لهذه الطبقات.

(٢١) يقصد بـ "غير الموجه" هو الذي لا يتم وضع شروط وحدود له من قبل الدارس - قبل عملية التحليل - لبرنامج الحاسب لتوجيهه إلى التصنيف طبقاً لهذه الشروط والمعايير.

## (شكل ٣٨) نماذج من علاقات البصمات الطيفية بين طبقات المرئية الفضائية.

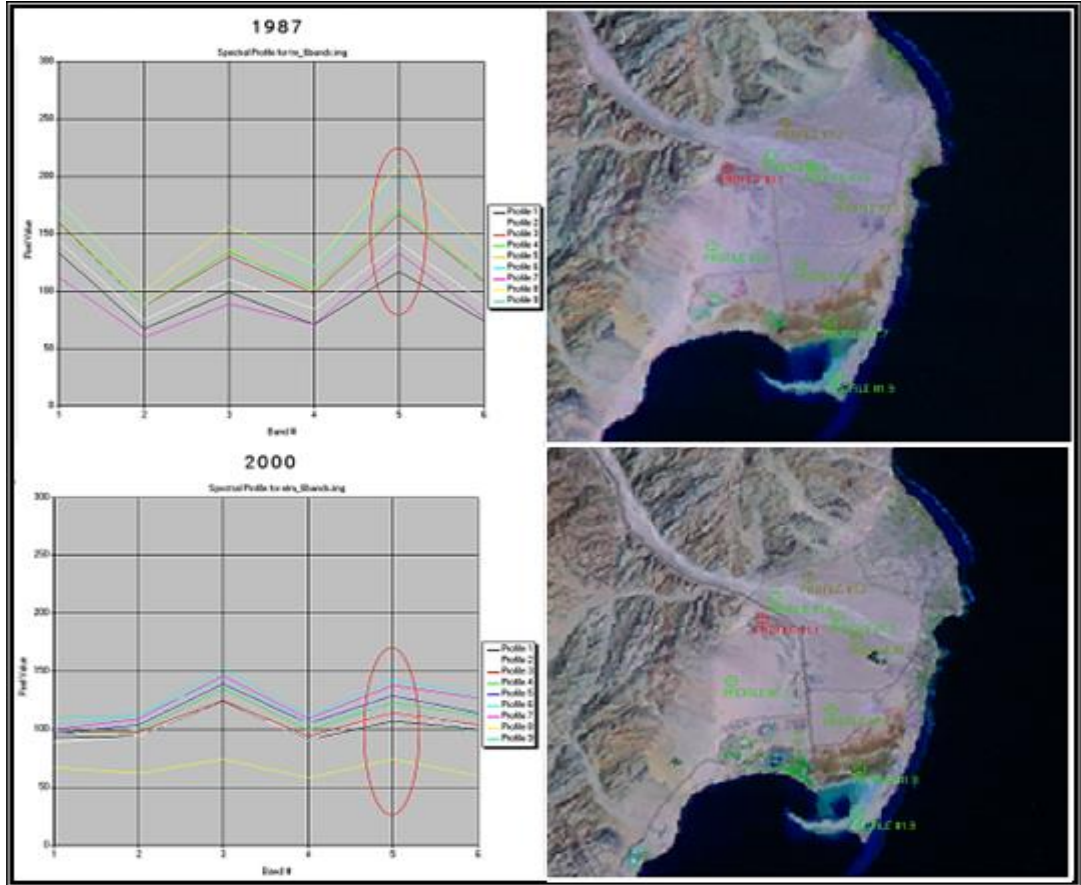


المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على طبقات المرئية الفضائية ETM+ ٢٠٠٠

حيث أن الفارق بين انعكاس الرواسب المتكونة حديثاً، والرواسب متوسطة العمر، والرواسب القديمة على هذه الطبقات يزداد في طول موجي بعينه يُمكن من التمييز بين التغير الحاصل لهذه الرواسب لكل منهما على هذه المرئيات في تواريخ مختلفة بناء على اتساع الفارق بوضوح بين كل بصمة طيفية مأخوذة من كل مرئية (الشكل ٣٩). وترتكز فكرة الفصل بين أعمار هذه السطوح على درجة تغطيتها بطبقات ورنيش الصحراء<sup>(٢٢)</sup> في نطاقات الرواسب المفككة فقط، وليس في نطاقات التكوينات الصخرية، مع الأخذ في الاعتبار درجة لون الصخر الأصلي الذي تفتت منه هذه الرواسب، وبالطبع يُفيد في ذلك المعلومات المستسقاة سابقاً من الدراسة الميدانية للمنطقة المدروسة.

(٢٢) ويرتكز هذا التحليل على نسبة تحول النطاقات القديمة من سطوح النطاقات الأرضية إلى نطاقات تراكمت عليها رواسب أحدث في التكوين، فنادر ما يحدث العكس. حيث يحتاج ورنيش الصحراء إلى فترات زمنية كبيرة للتكون على السطح.

(شكل ٣٩) نموذج لبعض البصمات الطيفية المأخوذة لأجزاء من السطوح القديمة والحديثة.



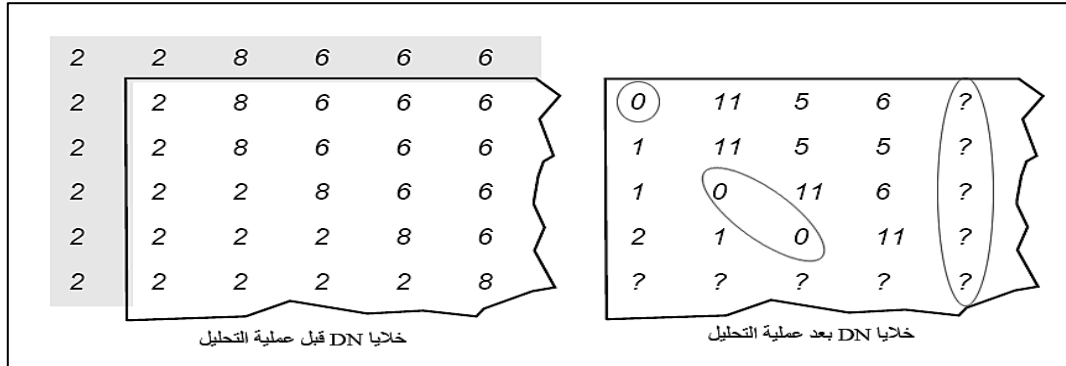
المصدر: من إعداد الباحث اعتماداً على مرئيات Landsat ١٩٨٧ و ٢٠٠٠.

كذلك يُمكن إجراء تحليلات المركبات الأساسية PCA<sup>(٢٣)</sup> لإبراز محتويات المرئيات من المظاهر بهذه الطبقات المختارة من المرئيات الفضائية ( Leica Geosystems Geospatial Imaging, 2005, pp. 172-174). وعادةً باستخدام تحليل المركب الأساسي الأول والثاني<sup>(٢٤)</sup> يظهر لنا ما يعادل ٩٠٪ من إجمالي مظاهر السطح المميزة والواضحة (Small, C., 2004, pp.4-5) وهي نسبة ممتازة يمكن الاعتماد عليها. حيث النسب الباقية لا تمثل إلا مظاهر سطح قليلة يمكن تجاهلها (الشكل ٤٠) فهي تعتبر من الفاقد المقبول في المخرج النهائي لهذا التحليل.

(٢٣) Principal Components Analysis.

(٢٤) للتفاصيل راجع (Schowengerdt, R. A. 2007, pp.193-197).

## (شكل ٤٠) نموذج لنظام تحليلات المركبات الأساسية PCA.



المصدر : (Leica Geosystems, 2005, p. 159).

يتم استخراج مكونات السطوح باستخدام الطبقات الحرارية Thermal وذلك لأن الطبقات التي تقيس الانعكاسات الضوئية غير الحرارية يمكن أن يختلط عليها الأمر في حالة قياسها لدرجة الانعكاس الضوئي لنفس نوع الصخر وبنفس تركيبه في حالة وجود جزء منه في ظل الشمس وجزء آخر مكشوف (فريدة، ١٩٩٠، ص.١٨٢)، وأيضاً لوجود فارق كبير في قدرة امتصاص كل من التربة الجافة والتربة الرطبة لأغلب نطاقات هذه الأشعة الحرارية. وهنا يصبح قياس الانعكاس الحراري<sup>(٢٥)</sup> أقرب إلى الواقع. ونستعرض الآن بعض الخطوات التي يمكن من خلالها استخراج خريطة التراكيب الجيولوجية وكذلك استخراج خريطة التكوينات الجيولوجية من المرئيات الفضائية باستخدام الأدوات الشائع استخدامها في هذا المجال.

**سادساً - استخراج الخريطة الرقمية للتكوينات السطحية الجيولوجية:**

أشارت العديد من الدراسات بأنه يمكن استخراج واستخلاص خريطة توزيع التكوينات الجيولوجية السطحية لأي منطقة من خلال طبقات المرئيات الفضائية؛ نذكر منها على سبيل المثال دراسة كل من (Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. 2000. p.219)، و (Green, R. O. Canada Center for Remote Sensing. 2002. و (USGS. 1999)، و (2008. pp.336-338)، و (pp.201-202). ويتم ذلك على الأخص من المرئيات الحديثة، والتي تحتوي على أكثر من مجال

(٢٥) للتفاصيل راجع (أبو العينين، ١٩٩٥، ص.٤٦).



طيفي. حيث يُظهر كل منها نوع معين من أنواع التكوينات الأرضية. بل والأفضل من ذلك استخدام طبقتين أو أكثر باستخدام علاقة نسبة الانعكاس **Band Ratio** الأرضي لمجموعة من التكوينات معاً، وذلك لإزالة تأثير الظلال الأرضية حتى لا تؤثر في جودة التعرف على نوع الصخر (U.S. Army, Corps of Engineers. 2003. Ch5, P.21).

يمكن من خلال التعرف على الأطوال الموجية للطبقات هذه المرئيات، وطبقاً لما ورد في دليل هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية عن انعكاسات الصخور والتكوينات المعدنية؛ الذي أشار إلى أن تكوينات الحجر الرملي تسجل أعلى انعكاس فيما بين الطول الموجي من ٦-١٢ ميكرون، وتكوينات الحجر الجيري تسجل من ٠.٧-٠.٩ ميكرون، وتكوينات الكوارتز تعطي انعكاس من ١.٩-٢.٣ ميكرون، والتكوينات التي يدخل في تركيبها أكاسيد الحديد وأغلبها تكوينات نارية ومتحولة كالبازلت والديوريت... إلخ تظهر فيما بين طول ٢.٥-٥ ميكرون، وتكوينات الصلصال من ٢-٢.١ ميكرون، وتكوينات الدولوميت من ٢-٢.٢ ميكرون، وتكوينات كربونات الكالسيوم، وتكوينات الهيماتيت من ١.٣-١.٤ ميكرون، وتكوين الأولوفينات من ١.٦-١.٨ ميكرون، وغير ذلك من التكوينات المختلفة التي لكل منها انعكاسه الخاص به (USGS, 1999)، وكل تكوين من التكوينات السابقة له قيمة انعكاسية مختلفة عن التكوين الآخر. مع مراعاة احتمالية وجود تقارب بين تكوينين مختلفين أو أكثر، لهما انعكاس واحد أو متقارب، وهنا يكون الفصل بينها عن طريق رصد عينات لهذه التكوينات من خلال إجراء دراسة ميدانية للمنطقة المدروسة، حيث يختلف ذلك من منطقة إلى أخرى تبعاً لمقدار تجاوز كل تكوين مع الآخر، وتبعاً لحالة الرواسب، وتبعاً لمساحة المنطقة؛ فعادة كلما صغرت المساحة كلما زادت الدقة المُستخرجة (Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. 2000. p.220).

وأشار أيضاً الدليل الهندسي لتطبيقات نظام الاستشعار من البُعد (U.S. Army, Corps of Engineers. 2003. Ch5, PP.20-21) إلى إمكانية إبراز مجموعات من التكوينات الجيولوجية من خلال عمل تركيبية من الطبقات الناتجة من قسمة الطبقة الثالثة على الطبقة الأولى ١١٣، والتي تبرز التكوينات التي دخل في تركيبها أكاسيد الحديد **Iron Oxide**، وستمثل بذلك التكوينات النارية والمتحولة، وكذلك بقسمة الطبقة السابعة على الطبقة الخامسة ٥١٧ والتي

تبرز المجموعات الصخرية التي تكونت في بيئة رسوبية مائية، وستمثل بذلك نطاقات التكوينات الرسوبية. وكذلك بقسمة الطبقة الخامسة على الطبقة الثالثة ٣١٥ والتي تبرز التكوينات المفككة التي يدخل في تركيبها المعادن الطينية Clay Mineral وسيليكات الألومنيوم Aluminium Silicates<sup>(٢٦)</sup>، والتي يصغر حجمها عن ٠.٠٠٥ ملليمتر، وستمثل بذلك نطاقات الرواسب السطحية الناتجة عن عمليات التجوية ( Encyclopedia of clay mineral. 2009. In Britannica). ونخلص من ذلك بأنه يمكن وبدقة، الفصل بين التكوينات النارية والمتحولة والرسوبيات بأنواعها من الحجر الجيري والحجر الرملي وكذلك التكوينات الطينية، من خلال استخراجها من بيانات المرئيات الفضائية (-Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. 2000. pp.292-303). ولكن يجب في النهاية مقارنة المنتج المستخرج من هذه المرئيات بالخرائط الجيولوجية الصادرة عن هيئة المساحة الجيولوجية للاطمئنان على دقة توزيع أنواع ومساحة التكوينات الجيولوجية بالمنطقة.

### سابعاً - استخراج خريطة التراكيب الجيولوجية من المرئيات الفضائية:

أشارت دراسات عديدة بأنه يمكن استخراج خريطة توزيع الصدوع من خلال تطبيق مجموعة من الفلاتر أو المصفوفات الخطية الاتجاهية Directional Kernel Filters على المرئيات الفضائية، ومن هذه الدراسات، وعلى سبيل المثال، دراسة كل من ( Canada Center for Remote Sensing, 2002. pp.198-200)، و (U.S. Army, Corps of Engineers. 2003. Ch5)، و (ITC-ILWIS, 2001, pp.227-229)، (pp.24-26).

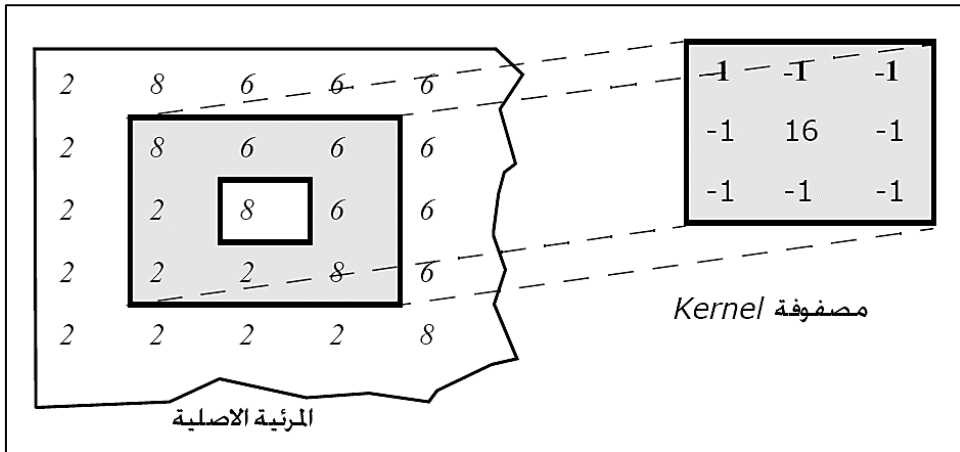
ويتم استخراج خرائط المظاهر الخطية، عن طريق ضرب الخلايا الرقمية DN للطبقة المختارة من المرئية في مصفوفة رقمية (الشكل ٤١) مكونة من مجموعة من الأرقام السالبة والموجبة، والموزعة على ثلاث صفوف × ثلاث أعمدة (ERDAS, 2008, II, P.30)، لتبرز أحد جوانب المظهر الطبوغرافي عن نظيره، فإذا كان المظهر الطبوغرافي الأصلي يأخذ اتجاه طولي، ظهر وبرز في الخريطة المخرجة، وإن لم يكن كذلك تاهت وضاعت أغلب ملامحه

(٢٦) للتفاصيل راجع (Whitten, D. G. A., & Brooks, J. R. V., 1972, P.84, p.23).

بالخريطة (الشكل ٤٢)؛ مع الأخذ في الاعتبار أن هذه العملية تتم لكل اتجاه جغرافي منفصل بناءً على التغيير في إشارات وأرقام المصفوفة ( U.S. Army, Corps of Engineers. 2003. Ch5, ) (p.26).

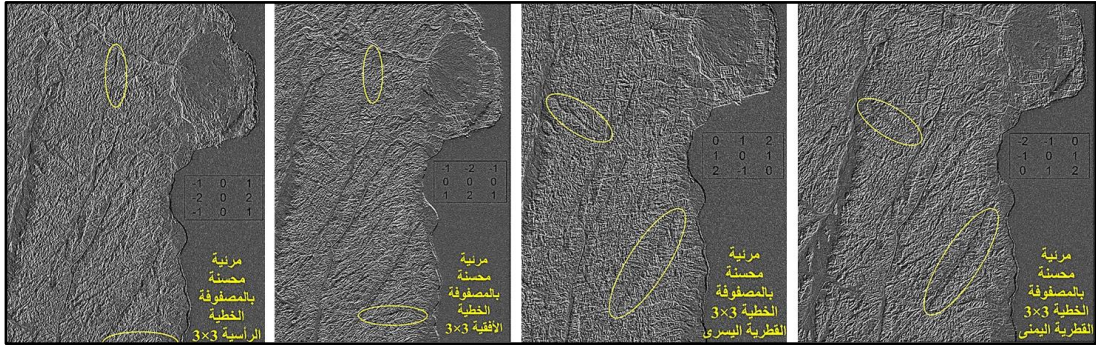
بذلك ينتج لنا أربعة خرائط رقمية خطية (الشكل ٤٢) مستخرجة بتقنية التحسين المكاني Spatial Enhancement تبرز المظاهر الخطية بالمرئية بالمرئية Lineaments Maps على حساب المظاهر الأخرى، وذلك بشكل متلاقي منفصل لكل اتجاه من الاتجاهات الجغرافية الأصلية والفرعية. وهنا بالضرورة أيضًا يجب مراجعة المخرج النهائي من نواتج المرئية مع الخرائط الجيولوجية الأصلية لمنطقة الدراسة. والتي من خلالها تُستخرج خطوط الصدوع ويتم دراسة أعدادها وأطوالها واتجاهاتها، ومن ثم التعرف على تأثيرها في خصائص الظواهر الأخرى بالمنطقة كالظواهر الجيومورفولوجية، بل ويمكن تحديد مدى الخطورة الناتجة عن زيادة أعدادها وكثافة تركيز هذه الصدوع في منطقة دون أخرى، باعتبارها من نقاط الضعف الأرضية التي يجب الحذر عند إقامة مشاريع تنموية في مناطق مجاورة لها.

(شكل ٤١) نموذج لفلتر المصفوفات المستخدم لإنشاء خريطة الصدوع



المصدر: (ERDAS, 2008, II, P.30).

(شكل ٤٢) نماذج من خرائط المظاهر الخطية، للاتجاهات الجغرافية الأصلية والفرعية للصدوع.



المصدر: من إعداد الباحث اعتمادا على ETM+ كنموذج من المرئيات الفضائية.

### الخاتمة:

من العرض السابق يتضح لنا مدى أهمية وفائدة استخدام الخرائط الجيولوجية الرقمية في المجالات والاستخدامات المجتمعية المتعددة، ومن ثم التعرف على المعلومات والخصائص الجيولوجية والتركيبية التي تُمكن من إنتاج هذه الأنواع من الخرائط بشكل جيد ومفيد في التطبيقات المستخدمة فيها، ولإنتاج هذه الخرائط بهذه الدقة يجب الاستعانة بالتقنيات العلمية الحديثة المتخصصة في مثل هذا المجال مثل نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار من البُعد Remote Sensing والتي تتعامل مع برامج مثل ArcGIS أو ERDAS IMAGINE أو برامج إنشاء القطاعات الجيولوجية الرأسية مثل GEO5 وغيرهم، وهذا الاستخدام لا يقتصر على رسم وإنشاء الخريطة الجيولوجية وتلوين طبقاتها فقط، بل يصل لقراءتها وتحليلها وتفسيرها بالاعتماد على منتجات الأدوات التحليلية المتخصصة Analysis Tools المتوفرة في مثل هذه البرامج، والتي يمكنها التعامل باحترافية مع الإجراءات المطلوبة لتحليل وتفسير الخريطة وإعطاء نتائج جيدة يمكن مطابقتها بالطبيعة الحقيقية للمناطق المختلفة.

**المراجع:**

١. أبو العينين، حسن سيد أحمد. (١٩٩٥). جيومورفولوجية مروحة وادي ببح الفيضية، شرق رأس الخيمة- دولة الإمارات العربية المتحدة. رسائل جغرافية (العدد ١٨٣). قسم الجغرافيا بجامعة الكويت-الجمعية الجغرافية الكويتية.
٢. اسباعي، عبد القادر. (١٩٩٣). قراءة وتحليل الخريطة الجيولوجية، تطبيقات الجيومورفولوجيا. وجدة.
٣. الحسيني، السيد السيد. (١٩٩١). نهر النيل في مصر منحنياته وجزره دراسة جيومورفولوجية. مركز النشر لجامعة القاهرة.
٤. الحسيني، السيد السيد. (١٩٩٦). دراسات في الجيومورفولوجيا، أشكال سطح الأرض. الجزء الأول. القاهرة: دارالثقافة العربية.
٥. الحسيني، السيد السيد؛ نصر السيد نصر. (١٨٩٤). الخرائط والمساحة. البرنامج التدريبي لمدرسي وزارة التربية والتعليم. القاهرة: وزارة التربية والتعليم.
٦. السيد، نورة عبد التواب. (٢٠٠٨). مبادئ الجيومورفولوجيا. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.
٧. الطحلاوي، محمد رجائي جودة. (٢٠٠٧). الخرائط الجيولوجية وتطبيقاتها الهندسية. الناشر: المؤلف.
٨. القاضي، محمد. (٢٠٠٨). الصخور. (مجلد ١٢). الطبعة العاشرة. دمشق: الموسوعة العربية.
٩. تراب، محمد مجدي. (٢٠١١). الموسوعة الجيومورفولوجية. المؤلف: الجمعية المصرية للتغيرات البيئية.
١٠. سطيحة، محمد محمد. (١٩٧٧). الجغرافيا العملية وقراءة الخرائط. الطبعة الثانية. القاهرة: دار النهضة العربية.

١١. شاور، آمال إسماعيل. (١٩٧٩). الجيومورفولوجيا والمناخ، دراسة تحليلية للعلاقة بينهما. القاهرة: مكتبة الخانجي.
١٢. طربوش، أمين. (٢٠٠٨). التضاريس. (مجلد ٦). الطبعة العاشرة. دمشق: الموسوعة العربية.
١٣. طية. (٢٠٢٠). طية. <https://ar.wikipedia.org>
١٤. عاشور، محمود محمد. (١٩٩١). المسح الجيومورفولوجي أساليبه ومجالاته، ضمن: جودة حسنين جودة، محمود محمد عاشور، صابر أمين دسوقي، محمد مجدي تراب، على مصطفى كامل مرغني، ومحمد رمضان مصطفى. وسائل التحليل الجيومورفولوجي. القاهرة: المؤلف.
١٥. عبد الحكيم، محمد صبحي؛ الليثي، ماهر عبد الحميد. (١٩٩٦). علم الخرائط. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.
١٦. عمرون، تامر يوسف. (٢٠٢٠). أسس الخرائط الجيولوجية. القاهرة: دار الحكمة للطباعة والنشر والتوزيع.
١٧. فالق. (٢٠٢٠). فالق. <https://ar.wikipedia.org>
١٨. محسوب، محمد صبري. (١٩٩٠). جغرافية الصحاري المصرية، (الجزء الثاني) الصحراء الشرقية، القاهرة: دار النهضة العربية.
١٩. مشرف، محمد عبد الغني؛ إدريس، الطاهر عثمان؛ عوض، حسين سالم. (٢٠٠٢). تطبيقات في الجيولوجيا العامة (معادن - صخور - أحافير - خرائط). دار المريخ للنشر.
٢٠. مصطفى، أحمد أحمد. (٢٠٠٠). الجغرافيا العملية والخرائط. الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية.



٢١. مصطفى، أحمد أحمد. (٢٠٠٤). الخرائط الجيولوجية للجغرافيين والكارتوجرافيين. الإسكندرية دار المعرفة الجامعية.

٢٢. مقال من الصحراء (٢٠١٩). القوى الداخلية البنيوية، الموسوعة الجغرافية المصغرة، موضوعات جغرافية وظواهر طبيعية.

[http://moqatil.com/openshare/Behoth/Gography11/geography/sec054.doc\\_cvt.htm#\\_ftn1](http://moqatil.com/openshare/Behoth/Gography11/geography/sec054.doc_cvt.htm#_ftn1)

23. Barnes, J. W., Lisle, R. J. (2004). Basic Geological Mapping. England: John Wiley & Sons Ltd.

24. Buzamiento. (2020). Buzamiento Definición Ejercicios resueltos y mas. <https://www.geobax.com>

25. Canada Center for Remote Sensing. (2002). Fundamentals of remote sensing. Natural Resources Canada: Author.

26. CIA Terrain Board Collection. (2020). North Sea Reference - shaded relief. Library of Congress. <https://www.loc.gov>

27. clay mineral. (2009). In Encyclopedia Britannica. Retrieved June 12, 2009, from Encyclopedia Britannica Online: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/120723/clay-mineral>

28. Compton, R. R. (2016). Geological in the field. Earthspun Books.

29. Cronin, V. S. & Tasa, D. (2018). Laboratory Manual in Physical Geology. 11th Edition. Pearson.

30. Cross Section. (2014). Cross Section Interpretation Exercise. <http://www.geologyin.com>

31. Darling, J. (2012). Hachures. <http://berglondon.com>.

32. Deline, B., (2016). Introduction to Physical Geology. In: "Laboratory Manual for Introductory Geology" By: Deline, B., Harris, R., Tefend, K., Georgia: University of North Georgia Press.

33. Earthlymission (2020). How Earth Gets Crumpled and Worn. <https://www.earthlymission.com>
34. ERDAS.(2008). ERDAS Field Guide.(2V.) Norcross, USA:Environmental Systems Research Institute, Inc.
35. Garrard, P. (2005). "Geological field mapping" In: encyclopedia of geology. Editors: Selley, R. C., Cocks, L. R. M, Plimer, I. R. First edition. UK: Elsevier Ltd.
36. GeoCafe. (2016). Determina dirección y buzamiento de un mapa geológico. <http://geocafemx.blogspot.com>
37. Geoclasses. (2020). structures formed in folded strata. <http://geoclasses.com>
38. Great Bear Island. (2020). The Long Dark Wiki. <https://thelongdark.fandom.com>.
39. Green, R. O. (2008). AVIRIS and Related 21st Century Imaging Spectrometers for Earth and Space Science. In A. J. Plaza, & C. I. Chang (Eds). High Performance Computing in Remote Sensing. (PP. 335-358). USA: Chapman & Hall/CRC-Taylor & Francis Group, LLC.
40. Haywick, D. (2007). Lecture 29: Earthquakes, GY 111: Physical Geology. USA: University of South Alabama.
41. Haywick, D. (2008). Geological Maps 2: Folded Strata, GY 111 Lecture Notes. USA: University of South Alabama.
42. Houghton, J. (n.d.). Introduction to Structural Geology. Workbook 3, Geological Maps. University of Leeds: School of Earth and Environment.
43. Introduction to Geology. (2020). Chapter 6 - Fault Systems and Earthquakes. <https://www.geologycafe.com>

44. ITC-ILWIS. (2001). ILWIS 3.0 Academic, User's Guide. The Netherlands: Unit Geo Software Development Sector Remote Sensing & GIS IT Department.
45. IUGS. (2020). The International Chronostratigraphic Chart. International Commission on Stratigraphy. <http://www.stratigraphy.org>.
46. John, H. (2013). Navigation Basics: Contour Lines. Blue Spruce Ventures LLC. <https://www.tripleblaze.com>
47. KFAS. (2018b). الموسوعة. فوائد استخدام الألوان والرموز في الخرائط الجيولوجية. العلمية للصخور والمعادن. Advancement of Science Publishing. <https://www.aspdkw.com>.
48. Leica Geosystems Geospatial Imaging. (2005). ERDAS Field Guide. Norcross, Georgia: Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC.
49. Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (2000). Remote Sensing and Image interpretation. (4th ed.). New York: John Wiley & Sons Inc.
50. Lisle, R. J. (2004). Geological Structures and Maps, A PRACTICAL GUIDE Third edition. Elsevier Butterworth-Heinemann.
51. Mafia, M., (2019). Double Unconformity. Groundspeak, Inc. <https://www.geocaching.com>
52. Maltman, A, (2005). "Geological maps and their interpretation" In: encyclopedia of geology. Editors: Selley, R. C., Cocks, L. R. M, Plimer, I. R. First edition. UK: Elsevier Ltd.
53. Morris, L. (2016). Folds and Faults. Tectonic Plates Types of Differential Stress. <https://slideplayer.com>

54. Mutua, D. (2013). Faulting. [https://pt.slideshare.net/dorismutua9/faulting-23022393?next\\_slideshow=1](https://pt.slideshare.net/dorismutua9/faulting-23022393?next_slideshow=1)
55. NASA. (2007). Landsat7: Science Data Users Handbook. Retrieved June 18, 2007, from [http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook\\_htmls/chapter11.html](http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov/handbook/handbook_htmls/chapter11.html)
56. Ok. (2020). Folds and Foliations. Learning Geology. <http://geologylearn.blogspot.com>
57. Otago. (2016). Map Exercise Book. Department of Geology. Field Studies and New Zealand Geology. University of Otago.
58. Ragan, D. M. (2009). Structural Geology, An Introduction to Geometrical Techniques. 5Ed. UK: Cambridge University Press.
59. REI (2020). How to Read a Topo Map. Recreational Equipment, Inc. and the REI Co-op logo are trademarks of Recreational Equipment, Inc. <https://www.rei.com>
60. Roberts, H. L. (1984). Introduction to Geological Structures and Maps. Great Britain: Pergamon Press Ltd.
61. Schowengerdt, R. A. (2007). Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. (3rd ed.). USA: Elsevier Inc.
62. Small, C. (2004). The Landsat ETM+ spectral mixing space. Remote Sens. Environ. 93,1–17. available at [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com).
63. Song, C., Woodcock, C. E., Seto, K. C., Lenney, M. P., & Macomber, S. A. (2001). Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects. Remote Sens. environ.75, 230–244.

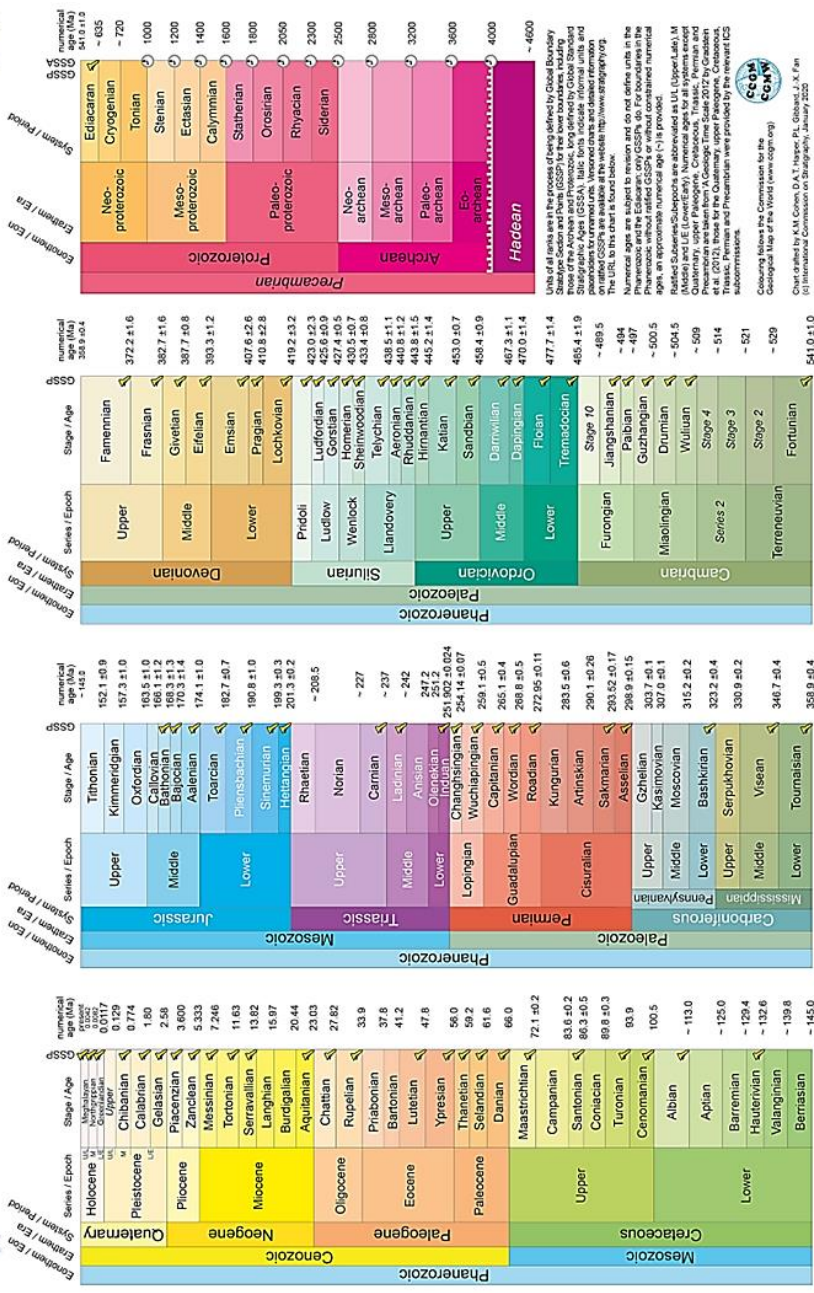
64. Tarbuck, E. J. & Lutgens, F. K. & Tasa, D. (2014). Earth: An Introduction to Physical Geology (11th Edition). Pearson Education, Inc.
65. Thompson, G. R. & Turk, J. (1997). Introduction to Physical Geology. Brooks Cole.
66. Topographic profile. (2020). Topographic profile. <http://webs2002.uab.es>
67. U.S. Army, Corps of Engineers. (2003). Engineering and Design Remote Sensing: Remote Sensing Application Guide. Washington D.C.: Department of The Army, Engineer.
68. USGS (1993). Topographic Map Symbols. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey.
69. USGS. (1999). Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy. In Manual of Remote Sensing. Available From <http://speclab.cr.usgs.gov/PAPERS.refl-mrs/refl4.html>
70. Weijermars, R. (2011). Structural Geology & Map Interpretation. lectures in geoscience. Netherlands: Alboran Science Publishing.
71. Whitten, D. G. A., & Brooks, J. R. V. (1972). The Penguin Dictionary of Geology. England: Penguin Books. Ltd.



# INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART v 2020/01

International Commission on Stratigraphy

www.stratigraphy.org

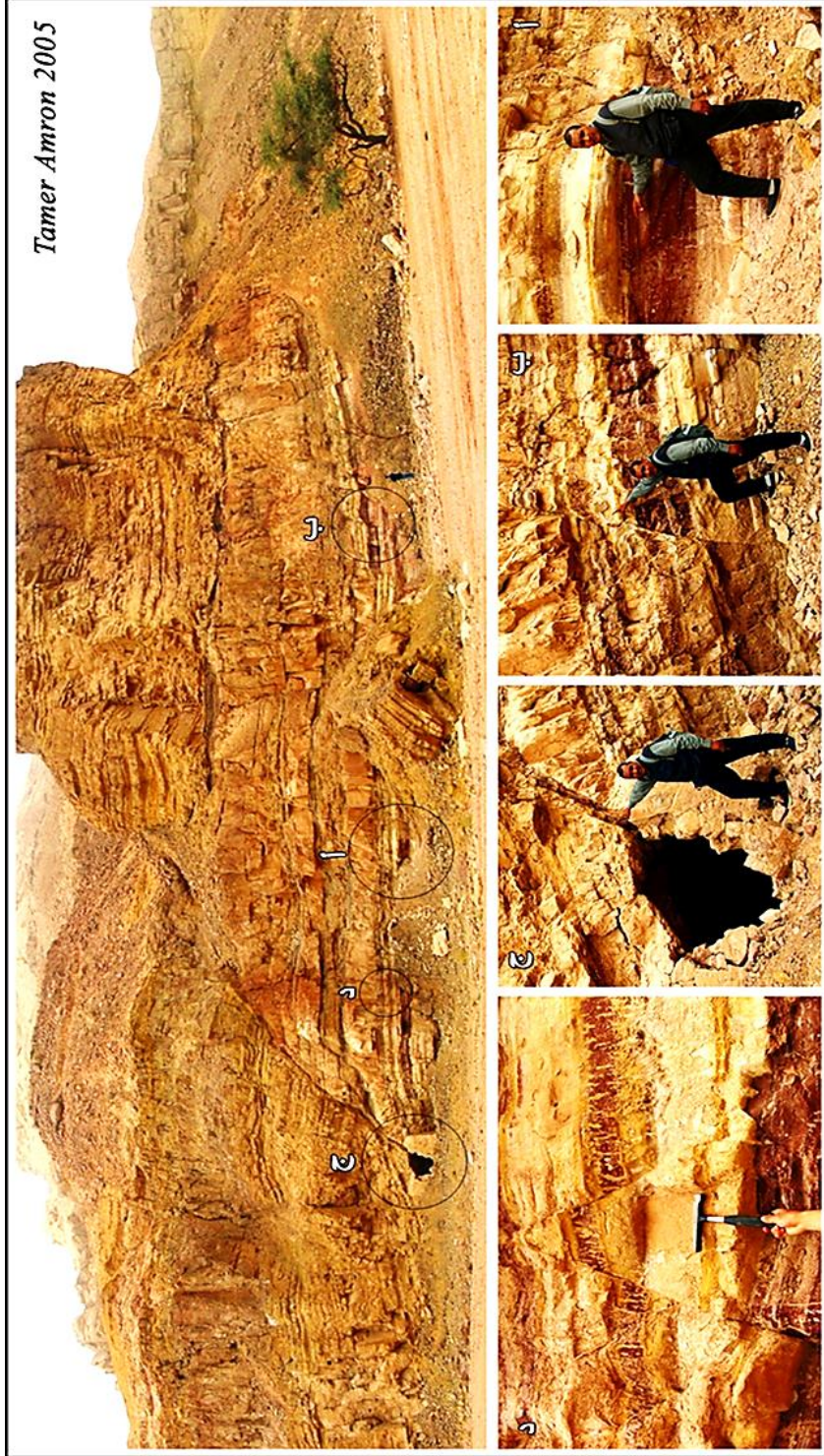






(شكل ٤٤) اختلاف التكوين الصخري وتتابع الألوان في الطبقات الأفقية (تصوير الباحث في الدراسة الميدانية ٢٠٠٥ سيناء).





شكل ٥: الأشكال البنيوية والتركيبة المختلفة للطبقات الصخرية (أ: طبقات أفقية، ب: انكسار، ج: صدع منتهي بكهف، د: هورست)، (تصوير الباحث في الدراسة الميدانية ٢٠٠٥ سنياء).

# The preparation of Geological Maps and their applications in a GIS Environment

Dr.Tamer Youssef Amron

Lecturer of Physical Geography and GIS of Department of Geography and Geographical Information Systems, Faculty of Arts, Beni Suf University

## Abstract:

This research is to explain the nature of geological maps and the updated procedures for preparing them by identifying their drawing scales, symbols and colors, and the characteristics of their layers detector lines and the strike lines of these layers, and then the procedures of creating and preparing their maps and sectors of their horizontal, vertical and inclined layers, as well as identifying the characteristics of their geological structures such as folds and refractions in order to understand how to analyze and interpret geological maps. Although geological maps share (in their uses) with geographical and geological disciplines, yet (in their preparation and design) they are closer to geographical disciplines, as they are one of the types of (distribution maps), which is an original specialty in the science of geography. A geographer specializes in establishing and establishing different types of maps, starting with laying the foundations for creating the map, its tools, keys, and drawing scales, and moving to the steps of the ground survey of elevation points and their coordinates, whether for topographical phenomena or for the corners and dimensions of geological layers and their detectors, up to the design and connection of terrain contour lines, and determining the appropriate contour interval, depending on Altitude Points. Finally, the research identifies the steps and methods of drawing the exposed range of geological layers on contour lines, and ending with reading and explaining the topographical and geological components of the features found on the map, in addition to trying to interpret and identify the topographical and geological history that the area appearing on this geological map went through.

**Keywords:** Geological maps, topographic maps, geological structures, field survey, layer detectors, contour lines, levels, horizontal layers, vertical layers, inclined layers, folds, and fractures.