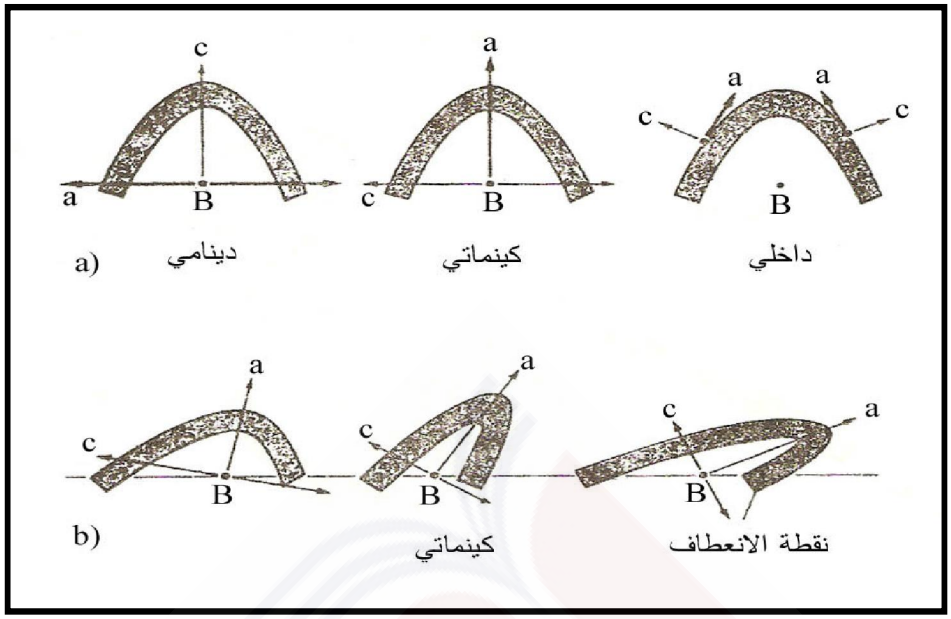
المحاضرة الخامسة

من الصفحة 50 -66



شكل (3 ــ 12) الوضعيات الممكنة لجمل الإحداثيات التكتونية

3 ــ 7 ــ تصنيف الطي *fold classifications:*

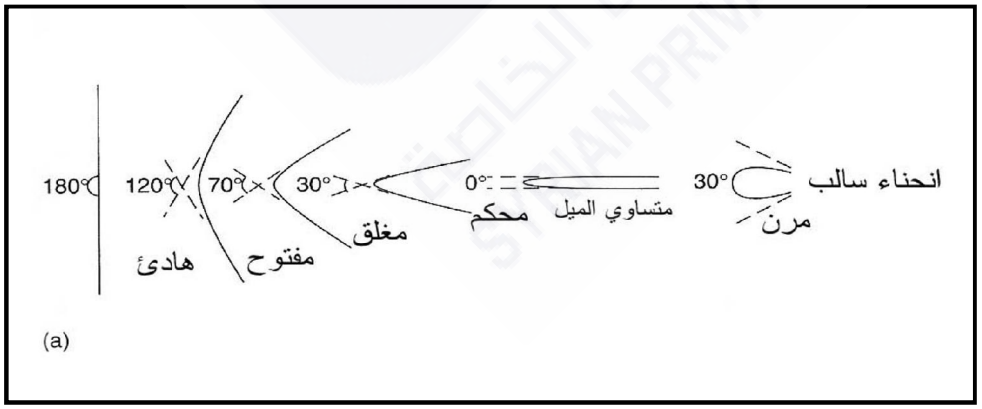
صُنف الطي وفقاً لعدة طرائق، مهدت إلى ترتيب الطي باستخدام بعض خصائصه، لكن لا يوجد تصنيف يأخذ بالاعتبار جميع مظاهر الطي والطيات. تحاول بعض التصانيف تقسيم الطيات من وجهة نظر الوصف التام، والبعض يحدد ويصنف الطي وفقاً لآلية التشكل. برهن بعض الجيولوجيين أن التصنيف الأفضل يوافق شرحاً أقل وفاعلية أكثر. وفيما يلي بعض هذه التصانيف المتبعة.

3 ــ 7 ــ 1 ــ التصنيف علــى أســاس زاويــة الطــي ونطــاق المفصلة:

Classifications based on interlimb angle and hinge area

يعتمد هذا التصنيف على تحديد الزاوية المحصورة بين جناحي الطية (الشكل 3 ــ 13) وتقاس الزاوية المتشكلة بين نقاط الانعطاف على الأجنحة المتعاكسة للطبقة نفسها. وقد قسم هذا التصنيف وفقاً لما يلي:

1. هادئة Gentle بزاوية ما بين 180° ــ 120°،
2. مفتوحة Open بزاوية ما بين 120° ــ 70°.
3. مغلقة closed بزاوية من 70° ــ 30°.
4. محكمة tight من 30° ــ 0°.
5. متساوية الميل isoclinal 0°.
6. مرنة elastic حيث تكون الزاوية بقيمة سالبة، وتعد القيم المرنة نادرة في طبيعة الصخور، لكن يمكن أن تحدث في الطــي اللــدن الشــديد للمــواد الضعيفة ضمن العروق.



شكل (3 ــ 13 ــ a) التصنيف على أساس زاوية الطي وفئاته.

3 ــ 7 ــ 1 ــ 1: تصنيف Ramsay:

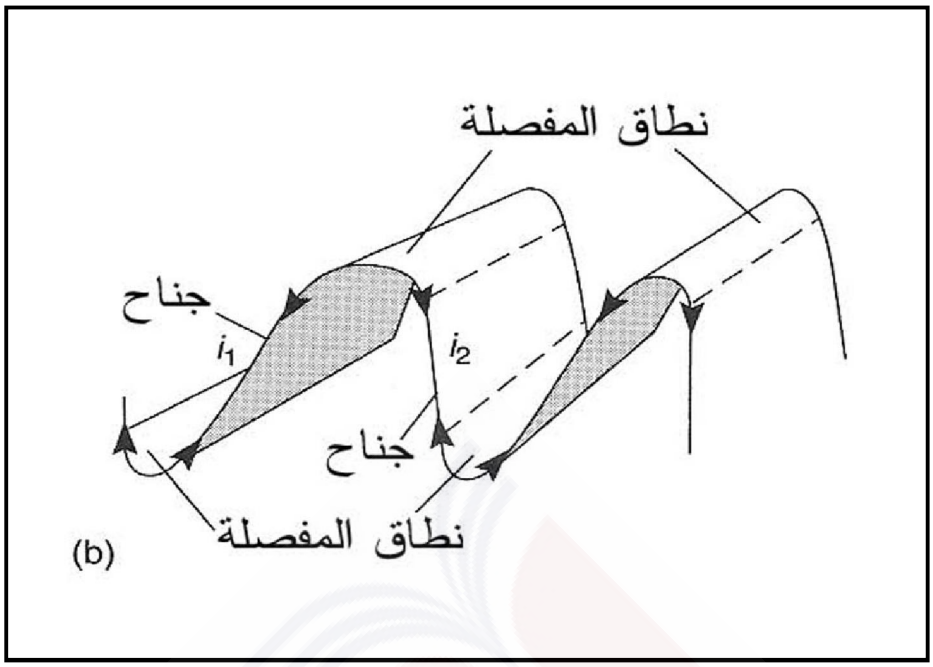
أشار John Ramsay (1967) إلى أن قياس الزاوية ما بين الجناحين كدلالة على إحكام الطي، لا يعتمد فقط على قيمة الزاوية، لكن على انتشار الانحناء حول جناحي الطية وغلقها. وعلى هذا الأساس فإن وصف الطي وتصنيفه يكون مناسباً لمعظم أنواع الطي مع الأخذ بالحسبان العلاقة ما بين امتداد نطاق الغلق بالمقارنة مع امتداد جناحي الطي، يرتبط أحد تصنيفات Ramsay بالتغير في نطاق الغلق أو طول مجال الغلق والزاوية البينية وقد وصف معادلة شكل الطية متضمنة متغيراً P_1 (Parameter) (الشكل 3 ــ 13 ــ b) بالعلاقة

$$P_1 = \frac{Li_1 i2}{Hi_1 i2} \quad (3 \text{ ــ } 1)$$

حيث Li_1i2 = طول إسقاط جناحي الطي المرتبط مع L_1، L_2 و i_2، H_{i1} = طول نطاق المفصلة، وتعد i_1 ، i_2 نقاط الانعطاف على الجناحين المتجاورين لنفس الطية ونطاق المفصلة حيث يكون التقوس الأعظمي.

تعد علاقة P_1 لـ Ramsay فاعلة في الوصف الكمي للطيات حيث تكون الزاوية البينية والغلق هامين.

أتاح Ramsay إمكانية القياس على الطية وحساب التغير P_1 وترتيبه بدون أي تفسير وبهذا يمكن لأي شخص يعرف القليل عن الجيولوجيا البنيوية أو عن طبيعة الطي أن يستخدم هذا التصنيف إذا استطاع أو استطاعت تحقيق القياسات المطلوبة وتقسيم أحدهما على الآخر.



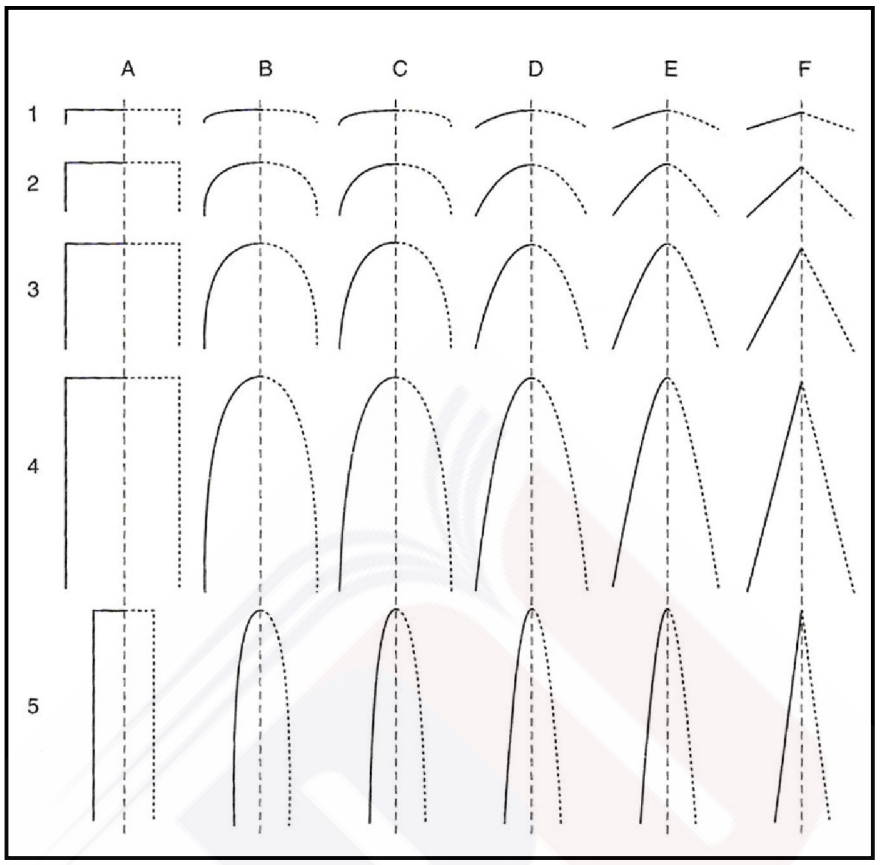
شكل (3 ــ 13 ــ b) توضيح للبارامترات المقاسة وفقاً لمعادلة Ramsay.

3 ــ 7 ــ 1 ــ 2: تصنيف William and Champan:

استنبط ((Champan (1979)William(1979) تصنيفاً للطي، مستخدمين دياغراماً منتهياً بثلاثة عناصر (المستويات P، متساوي الميل الأسطواني Q، متساوي الميل القبي R)، (الشكل 3 ــ 6 ــ b). وضع هذا التصنيف على قياسات لكل من الزاوية البينية وزاوية المفصلة. يسمح هذا التصنيف بإدخال طيف من التغيرات بين نهايات ثلاثة عناصر.

3 ــ 7 ــ 1 ــ 3: تصنيف Hudeston:

ابتكر (Hudestion 1973) تصنيفاً بسيطاً على أساس الافتراض أنه يمكن بالملاحظة تحديد أشكال الطي الرئيسية، وتخمين سعتها (شكل 3 ــ 14). دعي مخططه هذا بالتحليل الهارموني الملاحظ. متضمناً تحديداً لطية معطاة على أساس شكل A إلى F، وسعة من رقم 1 ــ 5، وقد نصح بأنه يفترض حمل هذا المخطط إلى الحقل بغية المقارنة المباشرة مع طبيعة الطي في الصخور.



شكل (3 ــ 14) تصنيف هيوستون لـــ 30 طية نسبة السعة إلى طول الموجة F ــ A ونطاق المفصلة إلى طول الموجة (1 ــ 5)

3 ــ 8: معيار تصنيف رمزي:

Ramsay's standard classification:

ــ يعد التصنيف الهندسي والوصفي المتداول بين الكثير من الجيولـــوجيين، والذي وضع على مقطع عمودي على مفصلة الطية، ابتكاراً آخر لجون رمـــزي. فقد مكنت القياسات العديدة من تصنيف الطي، دون انحياز الملاحظ حتى إلـــى أي تمهيد في ميكانيك الطي.

ــ يتضمن معيار تصنيف رمزي علاقة غير مباشرة بين سماكتي الطبقة:

1 ــ العمودي على التطبق (τ_α).

2 ــ الموازي للسطح المحوري ($\tau_{\alpha'}$)، وزاوية الميل α في نقاط مختلفة من السطوح المحورية للطي المتتابع (الشكل 3 ــ 15).

وترتبط هذه المتغيرات بالعلاقة:

$$\tau_{\alpha'} = T_\alpha \cos\alpha \qquad (2 - 3)$$

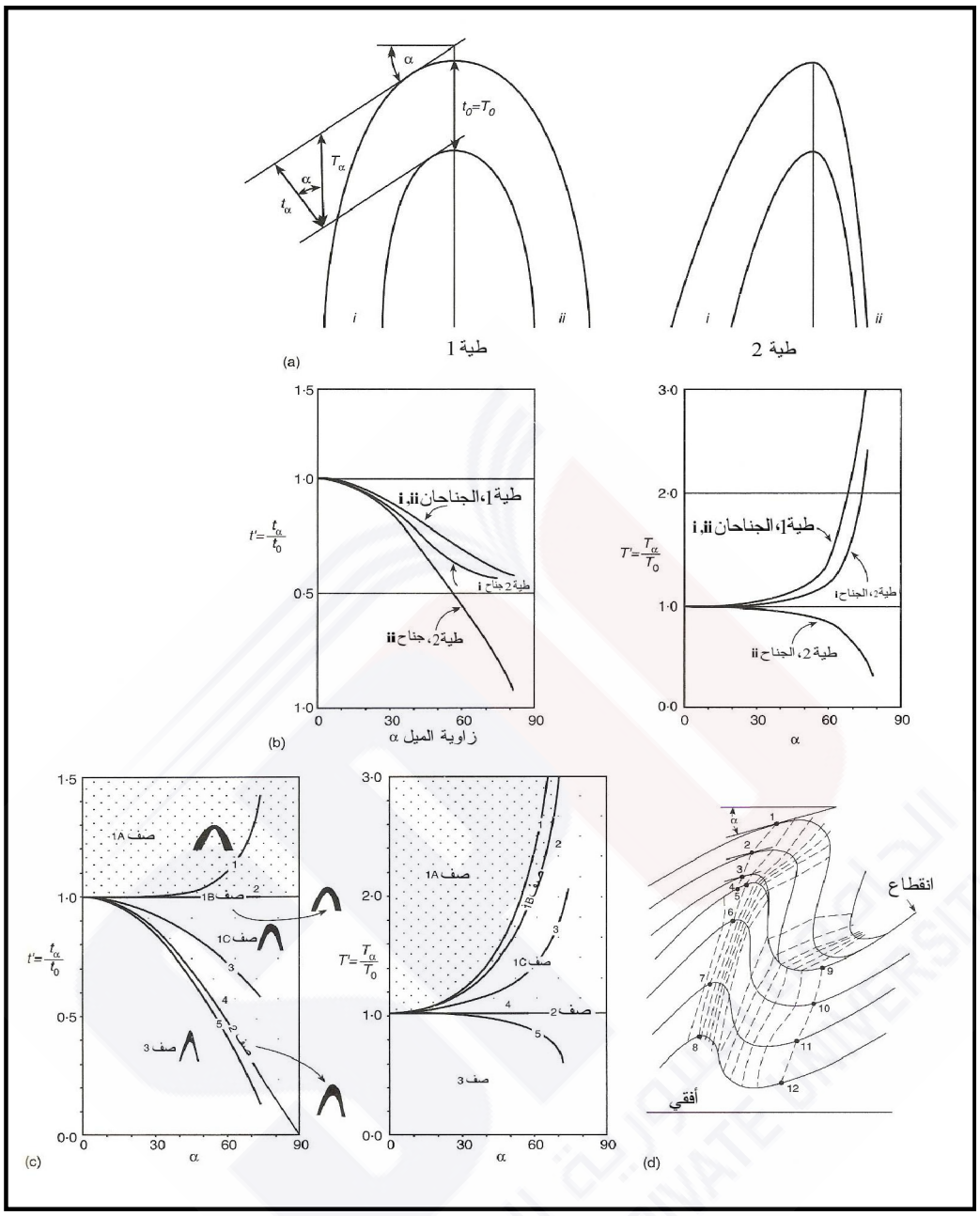
وفي مفصلة الطية تكون السماكة $t_o = T_o$ وتكون النسبة

$$T'_\alpha = \frac{T_\alpha}{t_o} \quad \text{أو} \quad t'_\alpha = \frac{T_\alpha}{t_o} \qquad (3 - 3)$$

ويمكن الحساب بالتالي، وإجراء الإسقاط مقابل زاوية الميل α. تعبر المعادلة (3 ــ 3) عن تغير السماكتين (T_α أو t_α) مع تغير في الميل.

3 ــ 9: خطوط تساوي الميل *Dip isogon Lines:*

هي خطوط تصل بين نقاط متساوية الانحدار أو الميل، ويمكن أن تصل بين طبقات متتابعة، وقد أنشئت وفقاً لتقنية رمزي بفواصل 10° في الطبقات المتعاقبة للطية (الشكل 3 ــ 15 ــ a)، (الشكل 3 ــ 15 ــ d).



شكل (3 ــ 15) تصنيف Ramsay

a ــ طيتان (1 و 2) يظهران الاشتقاق t_α و $T_{\alpha'}$.

b ــ اسقاط t'_α و T'_α للطيتين.

c ــ يظهر اسقاط t'_α و T_α حقول صفوف الطيات في الشكل (3 ــ 16).

d ــ إنشاء خطوط تساوي الميل، النقاط من 1 ــ 12 لها نفس الميل.

تعد علاقات التقارب ــ التباعد ــ أو التوازي لخطوط تساوي الميل، المفتاح الرئيس لتصنيف رمزي. وترتبط درجة التقارب لخطوط تساوي الميل مباشرة مع درجة إحكام الطي، وقد تم تصنيف ذلك في ثلاثة صفوف:

1 ــ الصف الأول: تتقارب فيه خطوط تساوي الميل باتجاه الجزء المتقوس من الطية.

2 ــ الصف الثاني: يرتبط بالطي الذي تتوازى فيه خطوط تساوي الميل.

3 ــ الصف الثالث: ويتعلق بالطي الذي تتباعد فيه خطوط تساوي الميل باتجاه الجزء المقوس من الطية.

كما يخضع الصف الأول إلى تحت تقسيم لثلاث مجموعات (الشكل 3 ــ 16).

المجموعة 1A: تتضمن طيات ذات خطوط تساوي ميل متقاربة بشدة ووضوح.

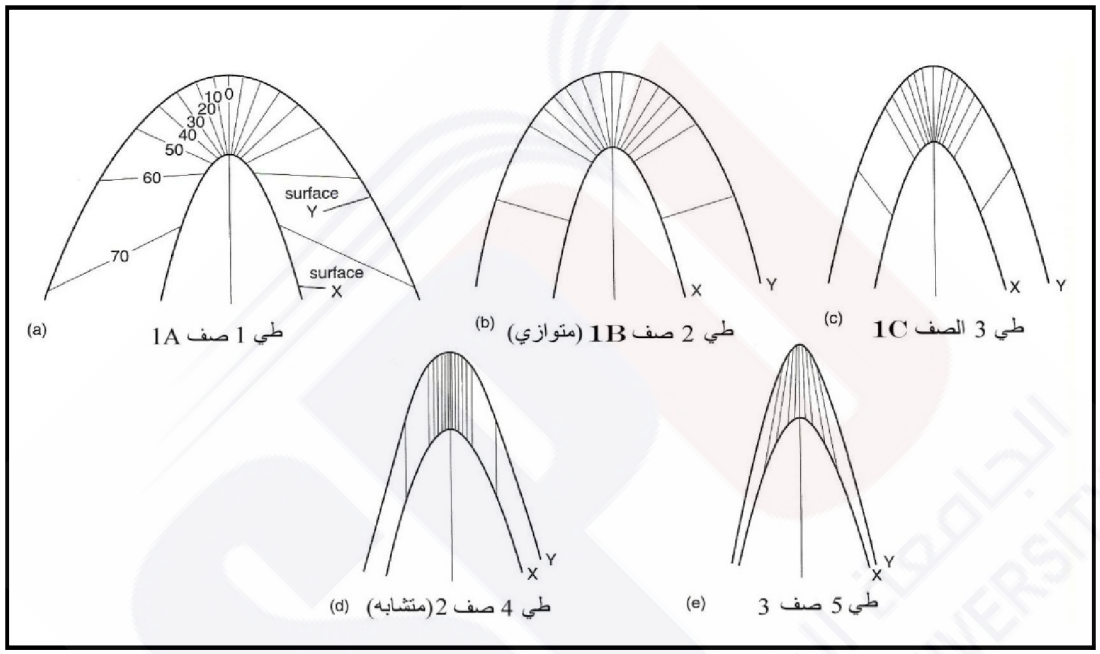
المجموعة 1B: تتعلق بطيات متوازية ــ متمركزة مع خطوط تساوي ميل متقاربة.

المجموعة 1C: تتغاير فيها الطيات بين المتشابهة والمتوازية مع خطوط تساوي ميل متقاربة بشكل طفيف.

الصف الثاني: ويتضمن طيات متشابهة مثالية مع خطوط تساوي ميل متوازية.

الصف الثالث: ويتميز الطي فيه بازدياد سماكات المفصلة إلى حد بعيد وترقق سماكات الأجنحة بالمقابل.

يحظى تصنيف رمزي بميزات جليّة علـــى المســـتوى الوصـــفي والهـــدف الموضوع. وقد أشار إلى أن الطيات المتشابهة تقع ضمن الصف الثاني والطيـــات المتوازية في المجموعة 1B وقد عزى رمزي ذلك إلى خاصـــية عمليـــة الطـــي نفسها.



شكل (3 ــ 16) صفوف طي Ramsay

a ــ تغير اتجاه خطوط تساوي الميل بشكل أسرع، مقارنة بسطوح التطبق المرتبطة بها.

b ــ تغير اتجاه خطوط تساوي الميل بنفس النسبة، مع سطوح التطبق المرتبطة بها.

c ــ تغير اتجاه خطوط تساوي الميل بشكل أبطأ، مقارنة مع سطوح التطبق المرتبطة بها.

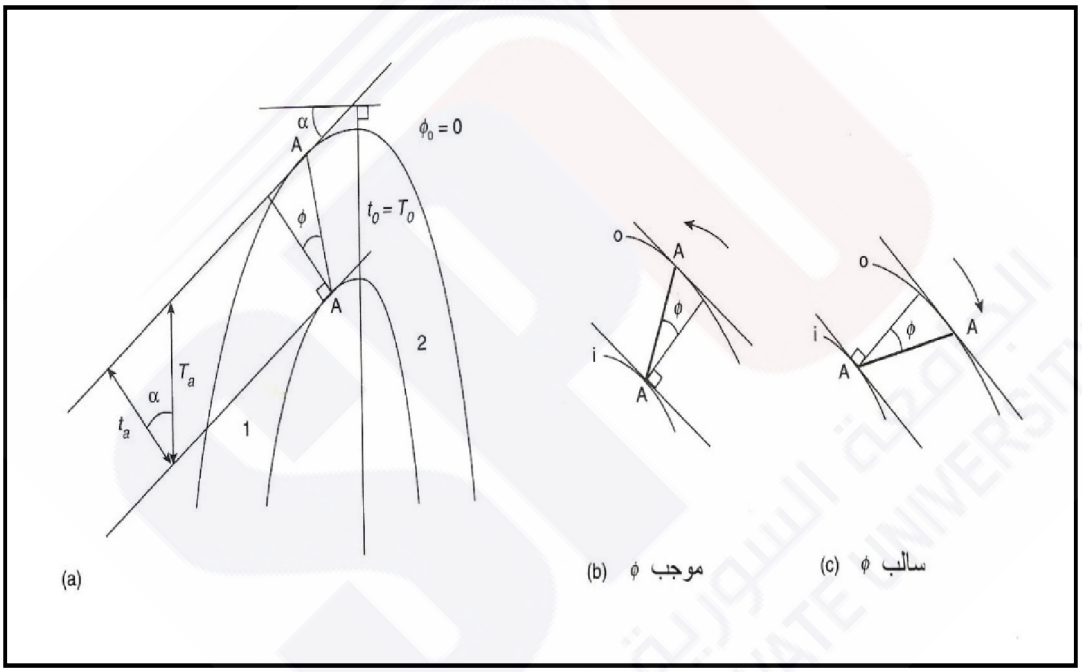
d ــ تكون خطوط تساوي الميل متوازية.

e ــ تغير تجاه خطوط تساوي الميل، بشكل معاكس للسطوح المرتبطة بها.

3 ــ 10 ــ تعديل بيترهيودلستون:

Peter Hudleston Modified

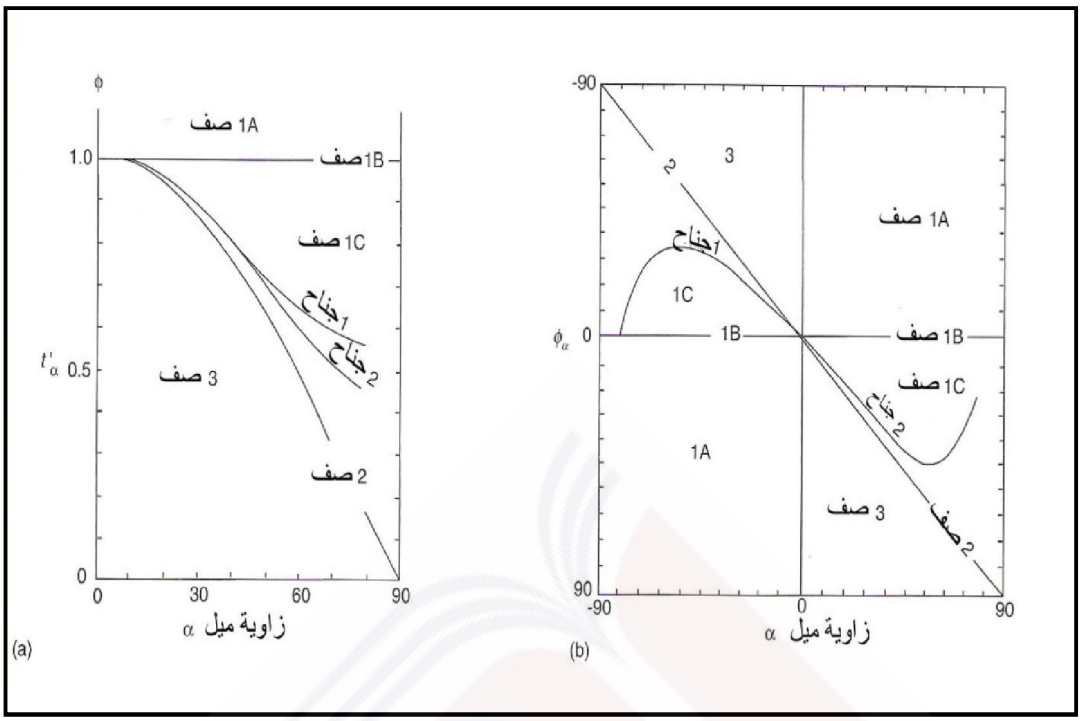
عدّل بيترهيودلستون (1973) مخطط رمزي بتحديد قياس كمي آخر ϕ_α وتوحيده مع خطوط تساوي الميل، فقد حدد لطبقة مطوية قيمة ϕ_α كزاوية بين الشاقول والمماسات المرسومة على سطح طية، وفي أي زاوية ميل ظاهري α وخطوط تساوي ميل (الشكل 3 ــ 17).



شكل (3 ــ 17)

a ــ اشتقاق البارامترات $t_{\alpha'} T_{\alpha'}$ و $\phi_{\alpha'}$. A – A خط تساوي الميل بزاوية α.

b وc ــ رمز اصطلاحي لـــ ϕ. i ــ قوس داخلي، o قوس خارجي. A – A خط تساوي الميل.



شكل (3 ــ 18)

a ــ توضع لــ t'_α مقابل الميل α.

b ــ ϕ_α مقابل α للطية في الشكل (3 ــ 17 a). توضح الحقــول التــي تتوضع فيها صفوف Ramsay.

قد يكون مقدار ϕ_α موجباً أو سالباً، يعتمد في ذلك علــى انحــراف خطــوط تساوي الميل فيكون (سالباً) باتجاه عقارب الساعة أو موجباً بعكس اتجاه عقــارب الساعة. ويرتبط بالعلاقة ما بين الشاقول ومماسات السطوح المطوية كأثر ملحوظ لخطوط تساوي الميل من القوس الداخلي للطية إلى القوس الخارجي.

أسقطت الطية في (الشكل 3 ــ 17 ــ a) علــى (الشــكل 3 ــ 18 ــ b) كقيمة ϕ_α مقابل α. نلاحظ في (الشكل 3 ــ 18 ــ a) إسقاط لــ t_α مقابل α لنفس الطية وذلك لإيضاح معيار تصنيف رمزي في حين ســمح تعــديل هيودلســتون لمخطط رمزي بتحديد كل صف لحقل واضح بإسقاط ϕ_α مقابل α (شكل 3 ــ 18 ــ b).

يلخص (الجدول 3 ــ 1) العلاقات بين صفوف رمزي وتلك المتغيرات.

الجدول (3 ــ 1)

صف	t'_α	ϕ_α
1A	>1.0	<0
1B (متوازي)	1.0	0
1C	$\cos\alpha < t'_\alpha < 1.0$	$\alpha > \phi_\alpha > 0$
2 (متشابه)	$\cos\alpha$	α
3	$<\cos\alpha$	$>\alpha$

أسقطت القيم ϕ_α لــ α الموجبة.

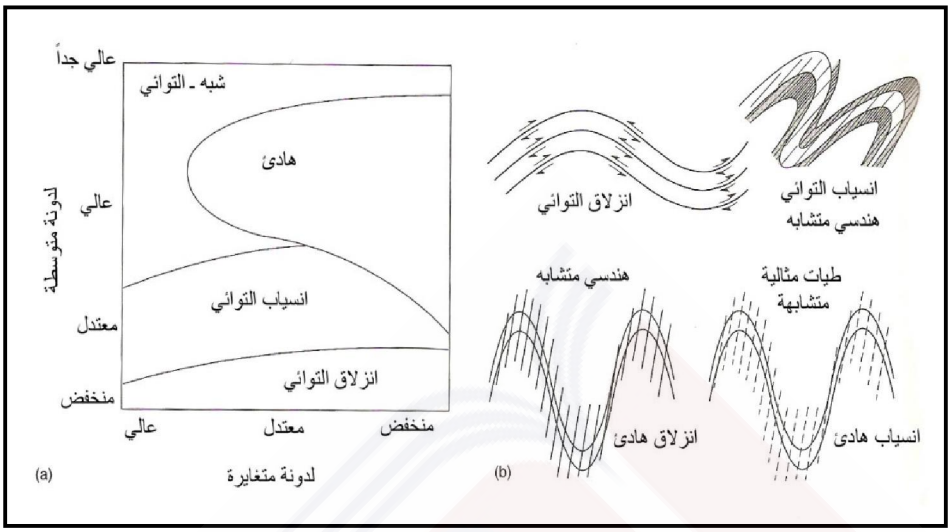
3 ــ 11 ــ تصنيف دوناث وباركر:

Donath and Parker classification:

تعد تنقية التصنايف الأقدم المختلفة وفقاً لــ أحد أهم استنتاجات (فرد دوناث وباركر 1964) اللذين وضعا مخططاً منشئياً ــ ميكانيكياً علــى أســاس لدونــة متوسطة ولدونة متغايرة خلال الطي المتعاقب (شكل 3 ــ 19).

وقد اقتنع بذلك معظم الجيولوجيين، خصوصاً فيما يتعلق بمناقشة خصــائص الطي وتصنيفه. الذي نأخذه بالاعتبار هنا، لأن ذلك يزودنا بخيــار آخــر يمكــن استخدامه في الحقل.

وضعت مجموعتان رئيسيتان للطي، وفقاً لـــ دوناث وباركر.



شكل (3 ــ 19)

a ــ أساس تصنيف دوناث وباركر. b ــ أنماط ميكانيزم الطي لـــ دوناث وباركر.

1 ــ الطيات الالتوائية (Flexural folds): يتحكم تطبق الصخور في هـــذا النوع بشكل الطي.

2 ــ الطيات الهادئة (Passive folds): يفيد تطبق الصخور كدلالة إزاحـــة فقط، أثناء الطي.

تخضع المجموعة الثانية في هذا التصنيف إلى تحت تقســـيم النـــوعين مـــن الطي، وفقاً للسلوك التكسري وللسلوك اللدن.

يسبب الانـــزلاق (slip) علـــى طـــول التطبـــق (bedding)، الانفصـــام (cleavage) أو مستويات التورق (foliation) في تشكيل الطي التكسري. فـــي حين تسيطر عمليات التدفق اللدن في الطيات الهادئة.

تقع فئة أخرى من الطيات بين تحت التقسيمين، تدعى (شبه الالتوائي quasi-flexural) وتتوافق مع طيات غير متوافقة (شكل 3 ــ 20).

شكل (3 ــ 20) طيات انسياب التوائية غير متوافقة،

في الشيل وطبقات رقيقة من الحجر الكلسي. الأردوفيسي الأدنى ــ نيويورك (Hatcher).

ــ الطيات الالتوائية ــ الانزلاقية Flexural – slip folds:

تتوافق في الشكل والمظهر مع الطيات المتوازية أو الطيات المتمركزة ــ المتوازية (شكل 3 ــ 21). ويتشكل هذا الطي بالتجعد من خلال دفع إحدى نهايات الطبقات أو كعمليات انثناء وانزلاق موازي للتطبق.

شكل (3 ــ 21)

طيات انزلاق التوائي في حجر كلسي وحجر رملي ــ الأردوفيسي الأوسط ــ تينيسا (Hatcher)

تكون هذه الطيات ــ على العموم ــ غير محكمة الإغلاق، ما عدا تلك الواقعة في صخور ضعيفة أو صخور متغايرة في تركيبها كثيراً (لدنة). تلاحظ الطيات الالتوائية ــ الانزلاقية بوضوح من خلال التحززات أو أية علائم حركة كخطوط الانزلاق على سطوح الطبقات وفي سماكات الطبقة المستمرة.

ـ الطيات الدرجية Chevron folds:

تحدث بواسطة التجعد buckling وهي عبارة عن طيات يقتصـــر تقوســـها على مفاصل ضيقة وأجنحة مستقيمة (الشكل 3 ، 22).

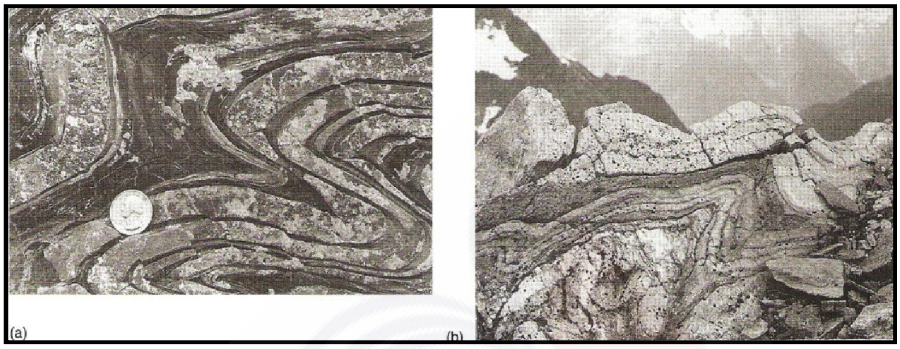
شكل (3 ــ 22) طيات درجية في الحجر الرملي والشيل ــ مراكش (hatcher)

تكون قيم الحرارة والضغط التي تشكل هذا النوع من الطي منخفضة. ويمكن لمثل بعض هذه الطيات أن تتراكب على طيات سابقة ذات صخور متحولة بدرجة عالية، وذلك بعد أن تكون تلك الصخور قد تبردت وتناقص الضغط المطبق.

ـ الطيات الانزلاقية الهادئة Passive – slip folds: هي نوع من الطيات المتشابهة، تشكلت بعمليات القص على طول مستويات مائلة على التطبـــق (الشكل 3 ــ 19 ــ b) وهذا النوع من الطي لا يتشكل بالقص التام.

ـ الطيات الالتوائية ــ السيلانية Flexural – flow folds: تتشـــكل فـــي صخور بدرجات تحول منخفضة إلى متوسطة وفقاً لطبيعة الصخر، وهي

بمعظمها قريبة من الطيات المتشابهة، لكن يمكن أن تتضمن بعض الطيات المتوازية (الشكل 3 ــ 23).



(الشكل: 3 ــ 23)

a ــ طيات انسياب التوائي في تشكيلة شيل وحجر كلسي، التلة البيضاء ــ نيويورك. طبقات الشيل الضعيفة (السوداء) ثخنت وترققت بالانسياب. كما تغيرت طبقات الحجر الكلسي الأقسى بسماكاتها بشكل أقل في الأجنحة القصيرة والمفاصل. حيث تعمد إلى التكسر في الأجنحة الطويلة للطيات، تكون طبقات الحجر الكلسي سميكة وهي أيضاً طيات غير متوافقة شبه التوائية.

b ــ طيات انسياب التوائي ــ الكامبري الأسفل لمجموعة كوارتزيت وشيست. كولومبيا البريطانية. خضعت طبقات الشيست السوداء لتغير في سماكاتها بشكل أكبر من طبقات الكوارتزيت البيضاء. (hatcher)

تحافظ بعض الطبقات في طيات الالتواء السيلاني على سماكات ثابتة، في حين بعضها الآخر تزداد ثخانته في النطاقات المحورية وتترقق في الأجنحة، مشيرة بذلك إلى اختلاف كبير في اللدونة الداخلية.