أساسيات في التفسير السيزمي

الخصائص السيزمية

Essentials of Seismic Interpretation

Seismic Attributes

Lecture 6

Dr. Riad Taifour

محتويات العرض (Outlines)

1- مقدمة.

2- تصنيف الخصائص السيزمية.

3- المعلومات المستخلصة من الخصائص السيزمية.

4- أهم الخصائص السيزمية شائعة الاستخدام:

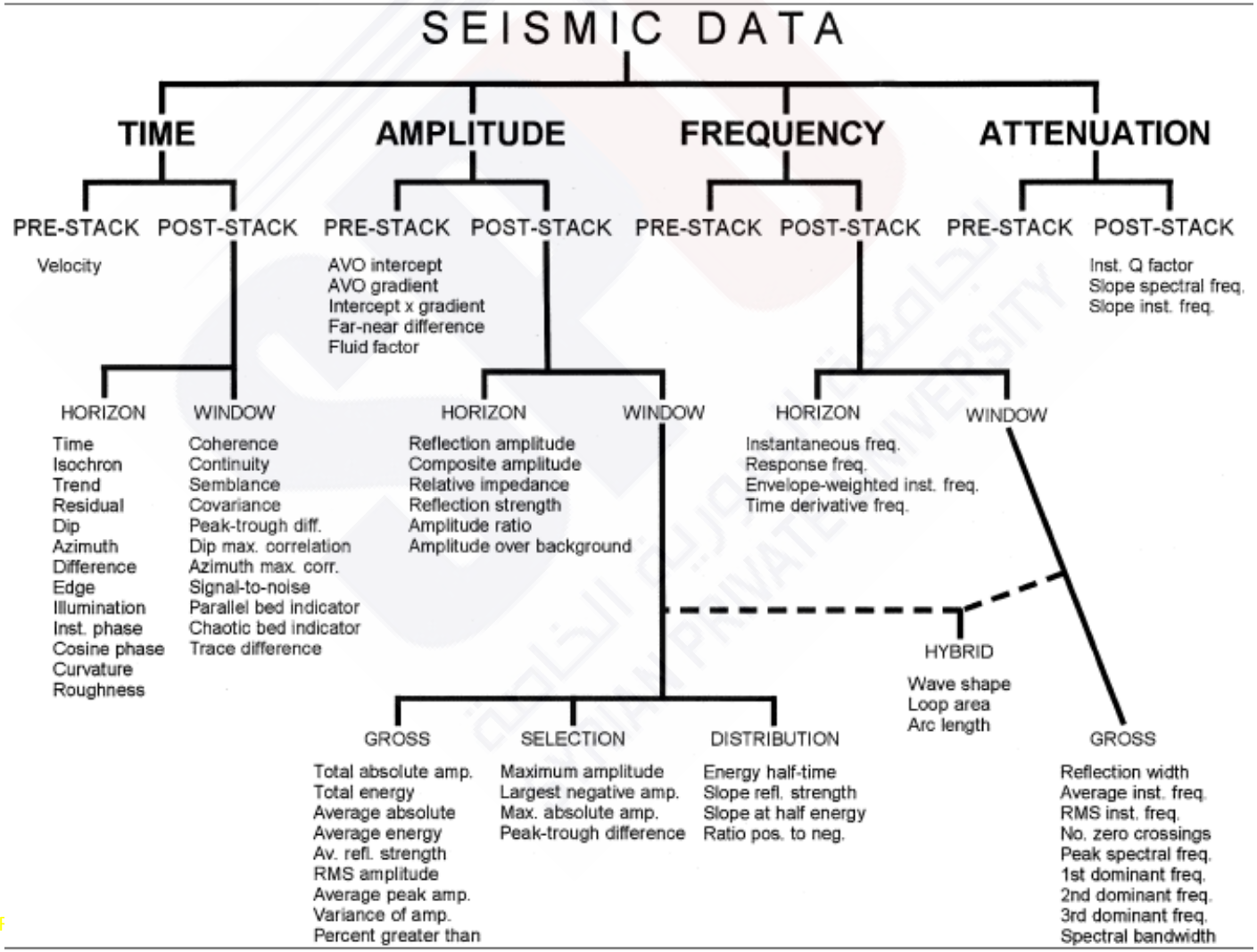
- الخصائص السيزمية المشتقة من الزمن (الشرائح الافقية & النوافذ):
- الخصائص السيزمية المشتقة من السعة (الشرائح الافقية & النوافذ):
- الخصائص السيزمية المشتقة من التردد (الشرائح الافقية & النوافذ):
- خصائص سيزمية اضافية.

1- مقدمة (Introduction)

تعريف الخصائص السيزمية

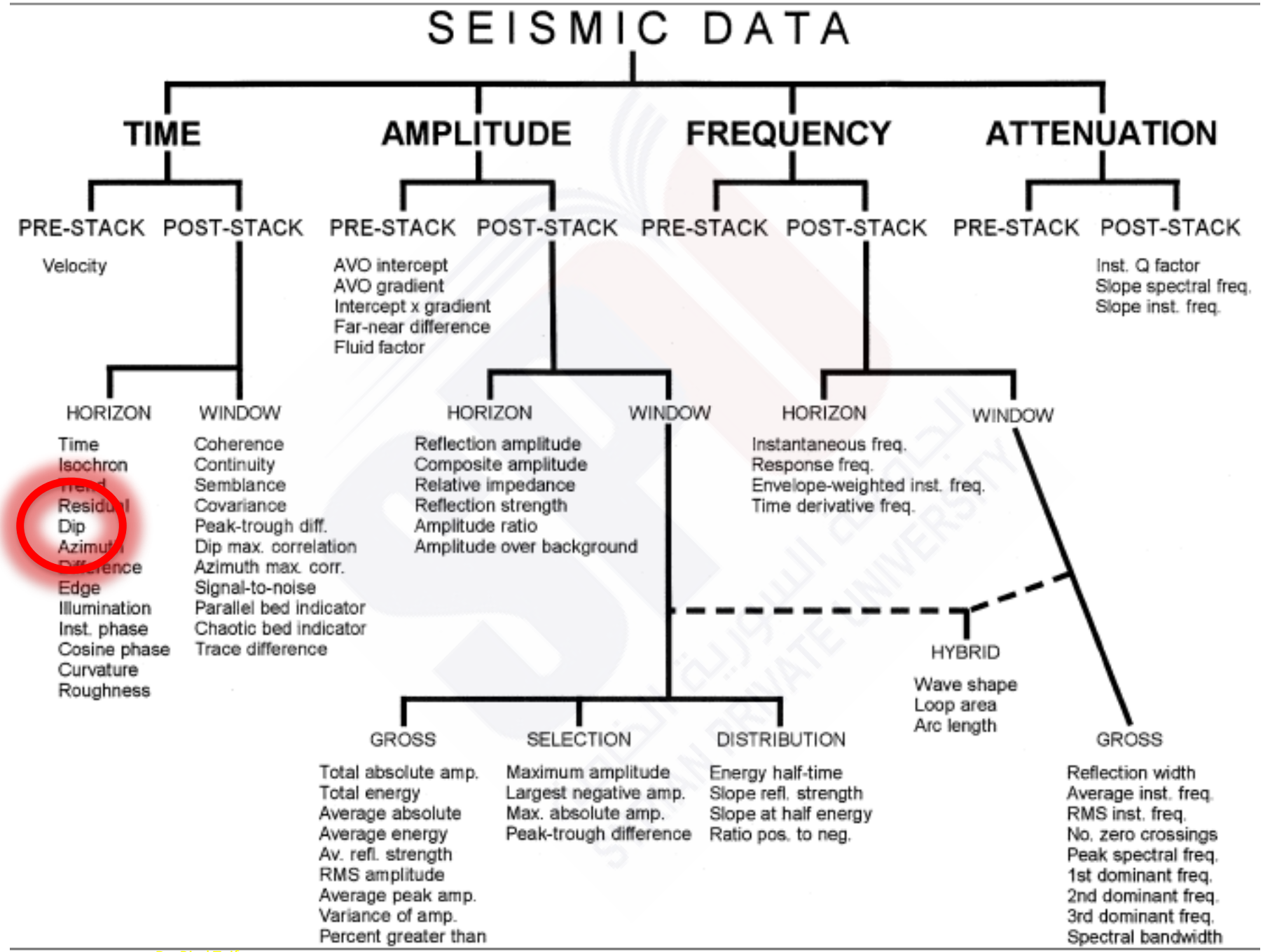
- هي عبارة عن توابع رياضية مشتقة من المعطيات السيزمية، وتستخلص من المعطيات السيزمية في حقلي الزمن والتردد، تشمل هذه المعطيات الزمن والسعة والتردد وتخامد الطاقة.
- تقدم الخصائص السيزمية معطيات مهمة عن شكل البنيات، وعن ستراتيغرافيا الطبقات، وعن خواص الخزان. كما توفر معلومات تتعلق بمائع الطبقة ونفوذيتها (Brown,2001).
- يمكن استخلاص الخصائص السيزمية من المعطيات السيزمية قبل أو بعد عملية التكديس.
- يتم استخلاص الخصائص السيزمية من البيانات السيزمية (المكعب السيزمي) وتحويله الى مكعب لتلك الخصائص الأمر الذي يمكن من أخذ شرائح أفقية Time Slice أو مقاطع شاقولية.

2- تصنيف الخصائص السيزمية (Classification of attributes)



3- المعلومات المستخلصة من الخصائص السيزمية

الخاصية (Attribute)	المعلومات (Information)
مشتقة من الزمن	معلومات بنيوية
مشتقة من السعة	معلومات عن الخزان والسترتيغرافيا
مشتقة من التردد	معلومات عن الخزان والسترتيغرافيا
مشتقة من تخامد الطاقة	النفاذية



Dr. Riad Taifour

4- الخصائص السيزمية المشتقة من الزمن (الشرائح الافقية):

(Time derived Horizon attributes)

- الميل (Dip) (قيمة الميل):

- تظهر خارطة الميل قيمة التدرج في الزمن.

- تستخلص من خلال المقارنة بين كل عينة زمنية من العاكس مع عينتين مجاورتين لها وذلك باتجاهات متعامدة.

- كل ثلاث عينات تحدد مستو، ولهذا المستوي قيمة ميل تحدد بواحدات الميلي ثانية لكل واحدة مسافة مضروبة بالقيمة 1000 بعبارة اخرى تحدد بالعلاقة:

$$\text{Dip} = \sqrt{\left[\left(\frac{dt}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dt}{dy}\right)^2\right]} \quad \text{x } 1000$$

- حيث dt/dx قيمة الميل في الاتجاه x ، dt/dy قيمة الميل في الاتجاه y، على اعتبار x,y احداثيات عالمية حقيقة.

4- الخصائص السيزمية المشتقة من الزمن (الشرائح الافقية):

(Time derived Horizon attributes)

- الميل (Dip) (قيمة الميل):

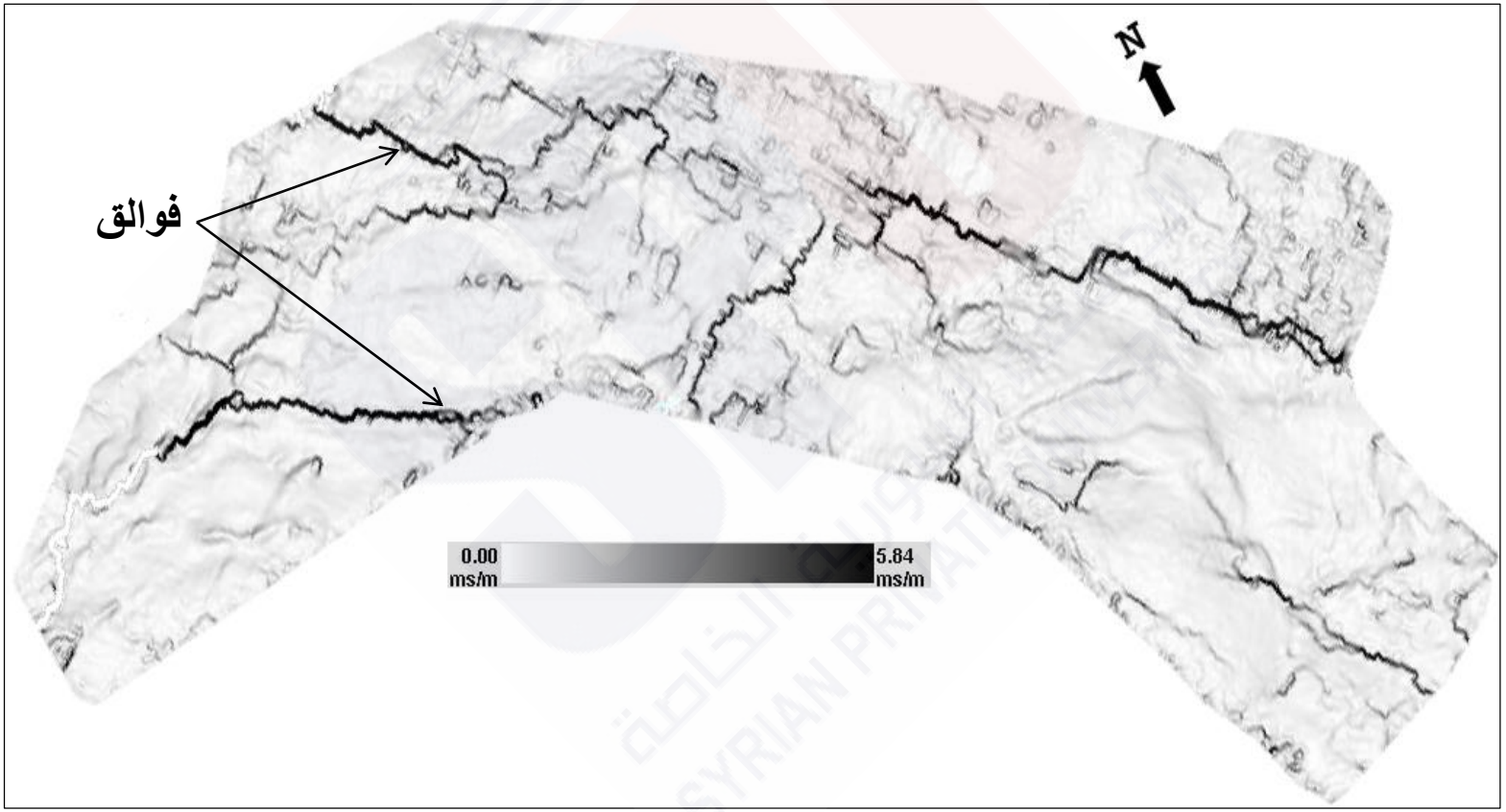
- تبرز خارطة الميل كل اتجاه و امتداد الفوالق و الشقوق الكبيرة لمنطقة الدراسة بشكل واضح كما في الشكل (...)، لذلك تستخدم هذه الخرائط و بشكل واسع عند تفسير أعالي التشكيلات الخازنة لتحديد دقيق للفوالق و للشقوق و التي تلعب دوراً هاماً في تحديد المواصفات الخزنية للصخر.

SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

4– الخصائص السيزمية المشتقة من الزمن (الشرائح الافقية):

(Time derived Horizon attributes)

- الميل (Dip) (قيمة الميل):



خارطة الميل Dip لعاكس الرطبة لمنطقة الروضة في منخفض الفرات توضح اتجاهات مختلفة للفوالق

4- الخصائص السيزمية المشتقة من الزمن (الشرائح الافقية):

(Time derived Horizon attributes)

- السمت (Azimuth) (اتجاه الميل):

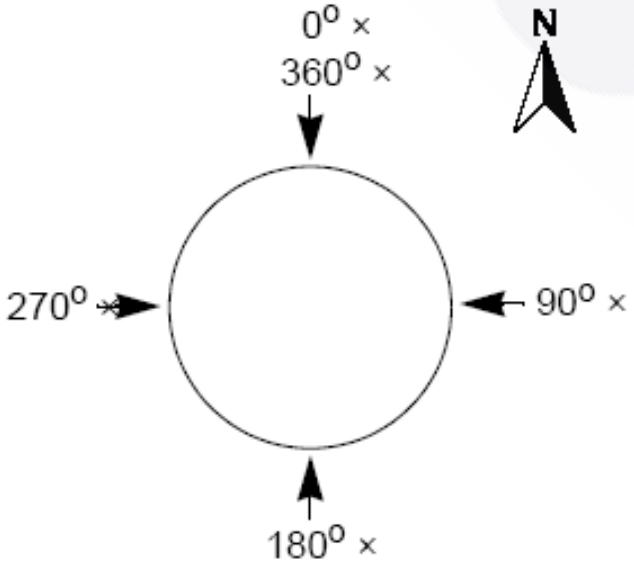
- ترتبط خارطة هذه الخاصية الى حد كبير بخاصية الميل اذ تظهر اتجاه الميل الأعظمي.

- تستخلص من خلال المقارنة بين كل عينة من العاكس مع عينتين مجاورتين لها وذلك باتجاهات متعامدة.

- كل ثلاث عينات تحدد مستوٍ، ولهذا المستوي اتجاه ميل بالدرجات ويعبر عن السمت بالعلاقة:

$$\text{Azimuth} = \arctan\left[(dt/dy) / (dt/dx)\right]$$

حيث dt/dx قيمة الميل في الاتجاه x ، dt/dy قيمة الميل في الاتجاه y.



- السمت ذو القيمة 0 يتوافق مع اتجاه الشمال كما يظهر في الشكل المجاور.
السمت ذو القيمة 90 يتوافق مع اتجاه الشرق و180 مع الجنوب، 270 مع الغرب.

Dr. Riad Taifour

4- الخصائص السيزمية المشتقة من الزمن (الشرائح الافقية):

(Time derived Horizon attributes)

- الميل-السمت (Dip-Azimuth):

- فائدة هذه الخاصية تقوم على فكرة ان الفوالق قد لاتظهر عل خرائط خصائص الميل أو السمت بشكل منفرد لاسيما انها تقيس ميل وسمت النقاط بالنسبة للعاكس المفسر لذلك تجمع هذه الخاصية بين الاثنتين.

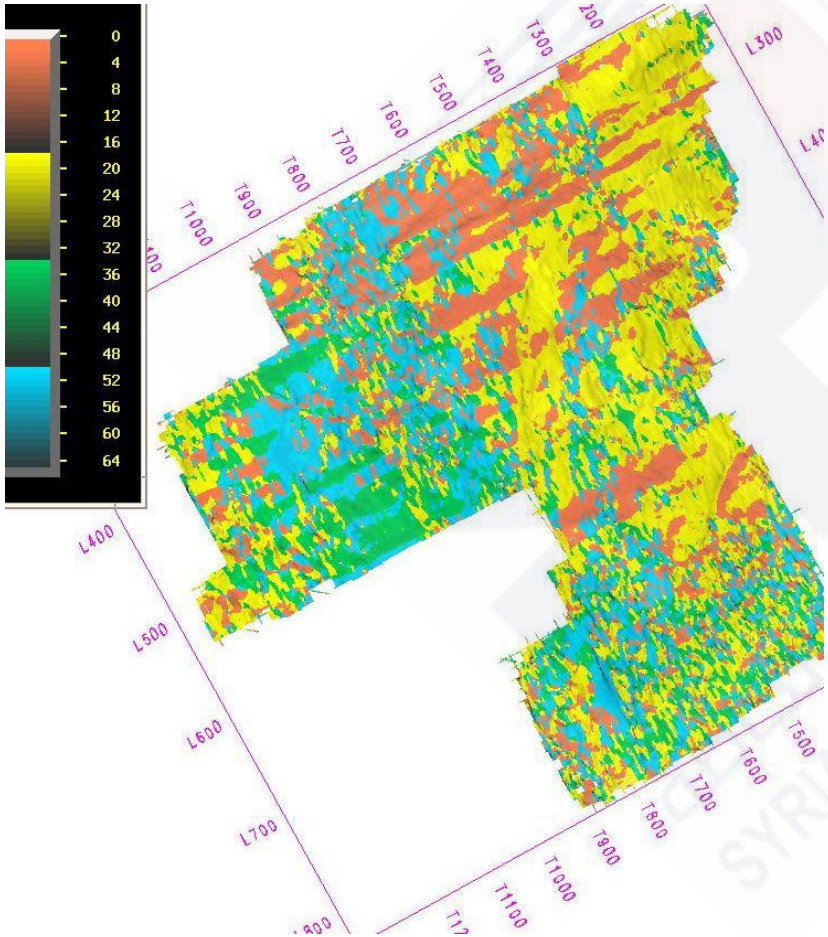
- خرائط السمت:
  - فوالق تظهر بشكل ممتاز عندما يكون اتجاه ميل الفالق معاكس لاتجاه ميل الطبقات.
  - فوالق تظهر بشكل ضعيف اذا كان اتجاه ميل الفالق نفس اتجاه ميل الطبقات.

- خرائط الميل:
  - فوالق تظهر بشكل ممتاز عندما تكون زاوية ميل مستوي الفالق بعكس اتجاه الطبقات.
  - فوالق تظهر بشكل ضعيف عندما تكون زاوية ميل مستوي الفالق نفس اتجاه الطبقات.

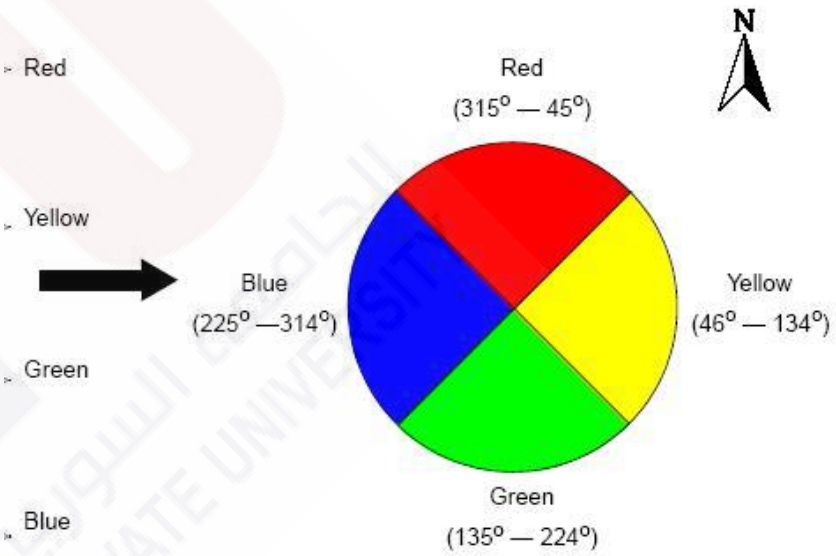
4– الخصائص السيزمية المشتقة من الزمن (الشرائح الافقية):

(Time derived Horizon attributes)

- الميل–السمت (Dip–Azimuth):



شريحة زمنية لخاصية الميل –السمت تظهر التغير في القيمة والسمت لميل العاكس



Red ➢ yellow indicates dip to the northeast.

مؤشر الميل للشريحة

4– الخصائص السيزمية المشتقة من الزمن (النوافذ):

(Time derived Window attributes)

- التماسك أو الترابط (Coherency)

- هو عبارة عن مقدار تشابه السعة لعينة زمنية مع عينة أخرى مجاورة.

- تعتبر هذه الخاصية واحدة من الخصائص السيزمية المهمة للتعرف على الصفات الجيولوجية. و الجدير بالذكر إذا كان تغير السعة لعينتين زمنيتين متجاورتين تدريجياً فان هذه الخاصة لا تعطي نتيجة جيدة.

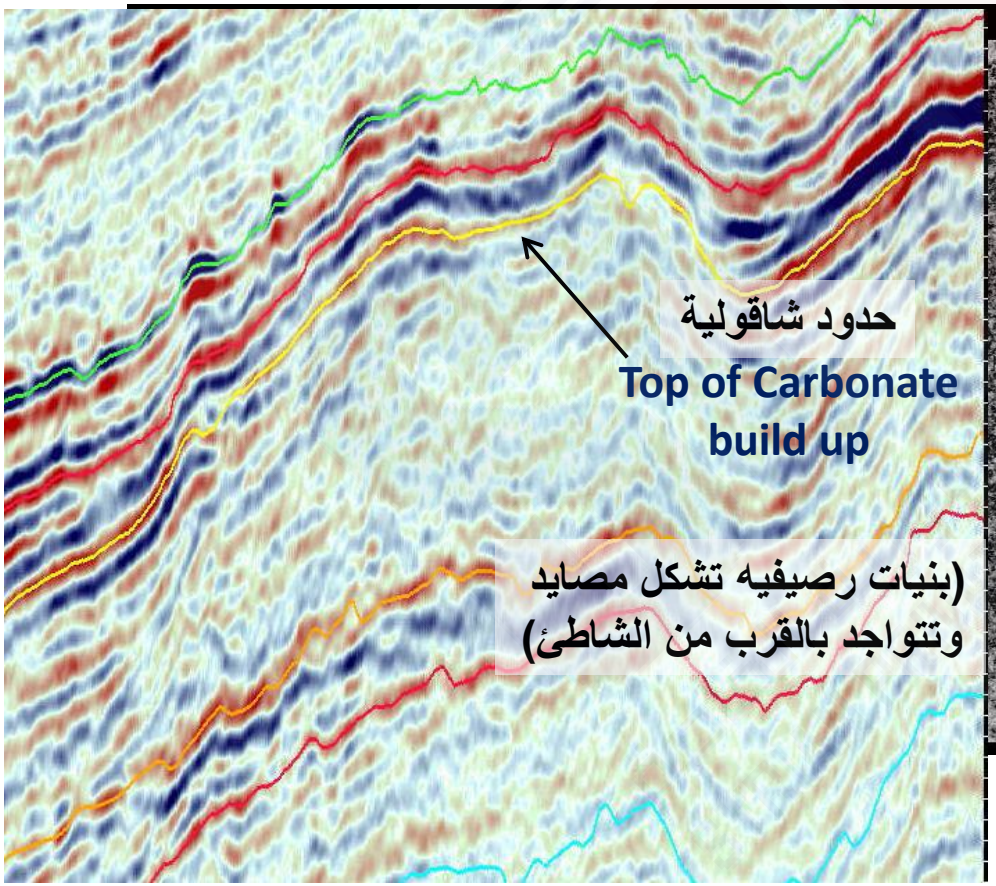
- تستخدم هذه الخاصية في تحديد وتشخيص الفوالق وتغير السحنات الرسوبية وبخاصة الرسوبيات الحطامية

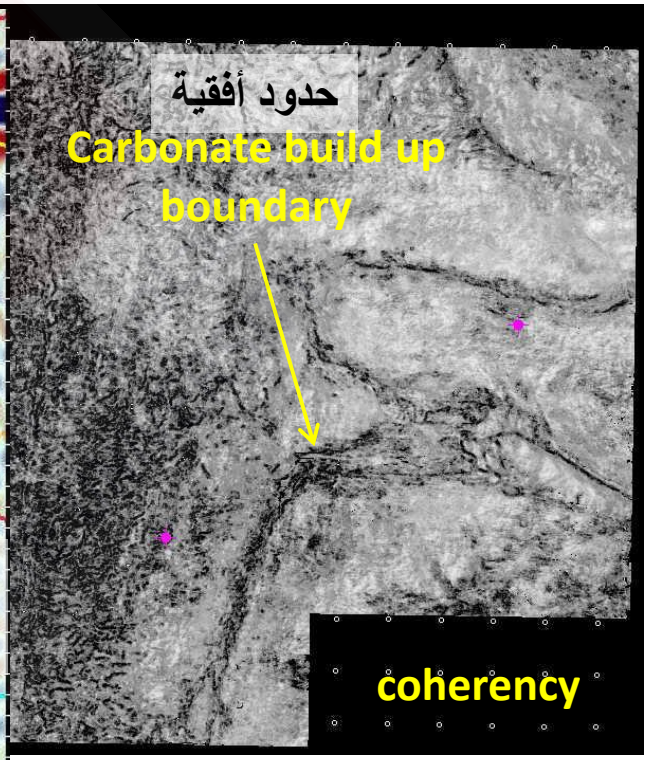
- تستخلص إما بشكل حجمي (ثلاثي الأبعاد) للانقطاعات (فوالق) أو بشكل شرائح أفقية على امتداد العاكس المفسر.

4– الخصائص السيزمية المشتقة من الزمن (النوافذ):

(Time derived Window attributes)

- التماسك أو الترابط (Coherency)





4- الخصائص السيزمية المشتقة من السعة (الشرائح الأفقية):

(Amplitude derived Horizon attributes)

- الممانعة الصوتية النسبية (Relative Acoustic Impedance RAI)

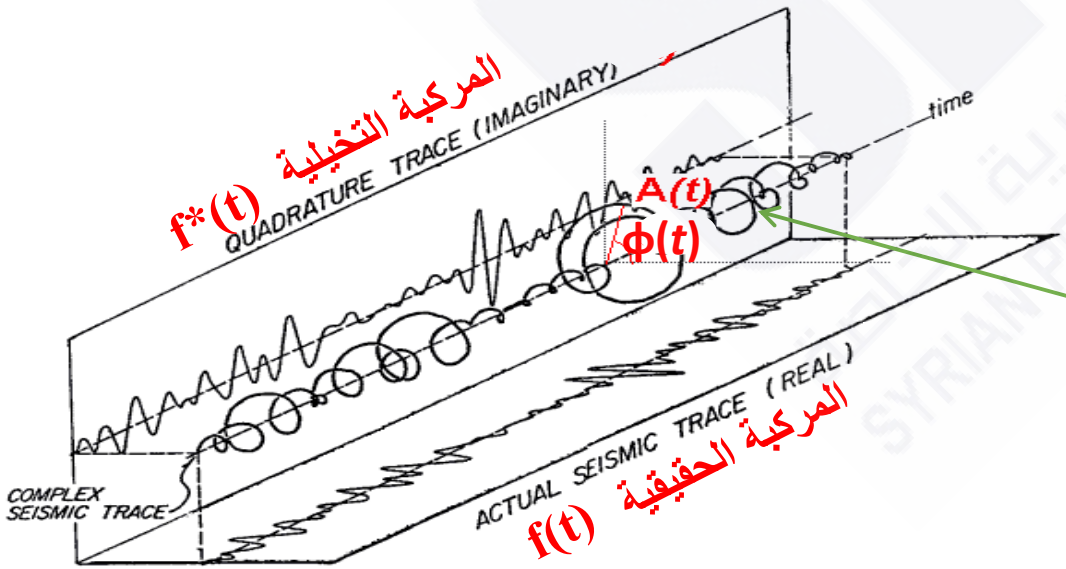
❑ تحسب هذه الخاصية من القيمة Z التي تمثل الممانعة الصوتية التي يُعبر عنها رياضياً بجداء كثافة التشكيلة الصخرية (ρ) بسرعة الموجة الطولية (V)

$$Z = \rho * V$$

❑ وبناء على الشكل الرياضي للأثر السيزمي المعقد الذي يعبر عنه بالمعادلة :

$$F(t)=f(t)+if^*(t)$$

حيث $i=\sqrt{-1}$



الأثر السيزمي المعقد
$F(t)$

Dr. Riad Taifour

4- الخصائص السيزمية المشتقة من السعة (الشرائح الأفقية):

(Amplitude derived Horizon attributes)

- الممانعة الصوتية النسبية (Relative Acoustic Impedance RAI)

برهن تانر أن الممانعة الصوتية النسبية (RAI)، يمكن حسابها من البيانات السيزمية، وذلك بتكامل الجزء الحقيقي للأثر السيزمي، أي كما في المعادلتين :

$$f(t) = \frac{1}{2}\frac{\Delta \rho V}{\rho V}$$

$$In(\rho V) = 2 \int_{t=0}^{t=T} f(T).dt$$

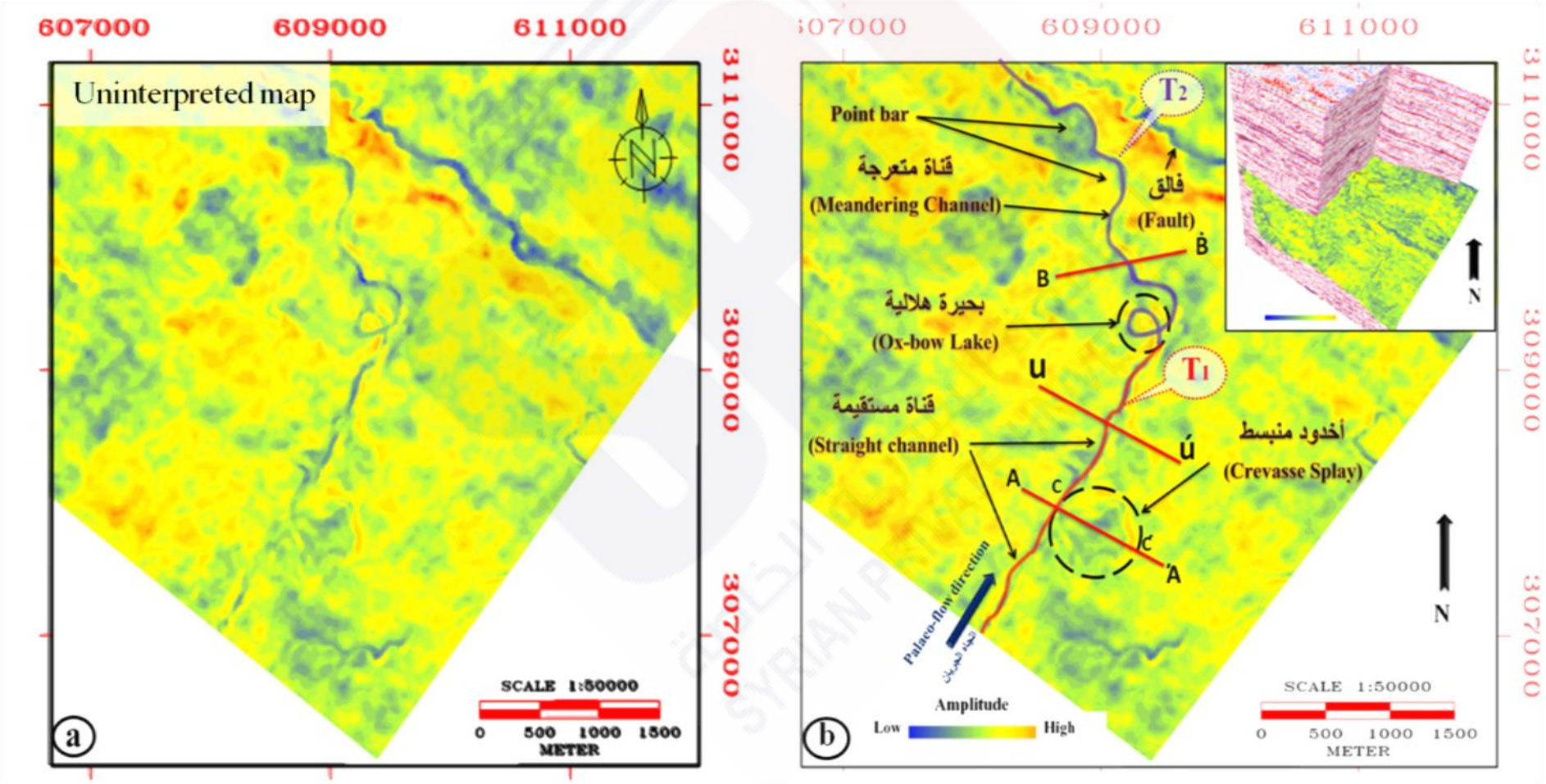
- تُعدّ خرائط الممانعة الصوتية النسبية إحدى الطرائق المهمّة في دراسة السحنات المختلفة وتحديدها، ولاسيما أنها تخطط الحدود بين التوضعات المختلفة المتباينة في ممانعتها الصوتية.

وتساعد هذه الخرائط في إظهار طبيعة التوضعات الغضارية الصفاحية، أو التوضعات الرملية ذات الممانعة الصوتية الأعلى. و كذلك تستخدم للتعرف على مواصفات الصخر الخازن مثل المسامية فضلاً عن تحديد نوع المائع أو السائل داخل الصخر الخازن.

4- الخصائص السيزمية المشتقة من السعة (الشرائح الأفقية):

(Amplitude derived Horizon attributes)

- الممانعة الصوتية النسبية (Relative Acoustic Impedance RAI)



خارطة خاصية الممانعة الصوتية النسبية (RAI) لتشكيلة المولوسا F في حقل شمال الورد البحري.

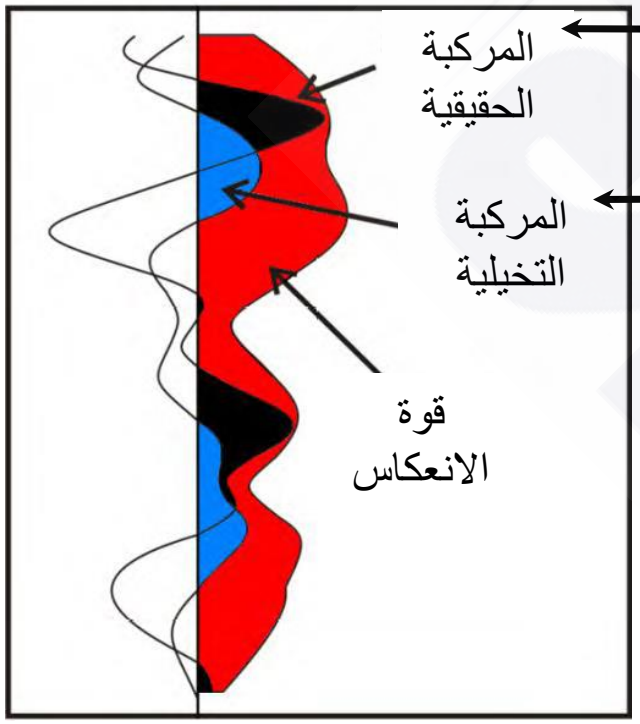
Dr. Riad Salloum

4- الخصائص السيزمية المشتقة من السعة (الشرائح الأفقية):

(Amplitude derived Horizon attributes)

- خاصية قوة او سعة الانعكاس (Reflection Strength) Envelope

❑ صممت هذه الخاصية من قبل تانر وآخرون عام 1979م، وتعبر عن الطاقة الاجمالية الآنية للأثر السيزمي المعقد، ولكلا المركبتين الحقيقية والتخيلية (الشكل المجاور) بكلمات اخرى هي عبارة عن معامل للأثر السيزمي المعقد يحسب على طول نافذة التحليل انطلاقاً من العلاقة التالية:



$$|F_{HI}(t)| = \sqrt{f^2(t) + f^{*2}(t)}$$

(Schlumberger 2007a)

❑ هذه الخاصية مستقلة عن الطور وهذا يعني ان القيم العالية لهذه الخاصية ليس بالضرورة ان تكون بنفس مواقع القمم (peaks) او المقعرات (troughs) عندما تقارن بالبيانات السيزمية المدخلة.

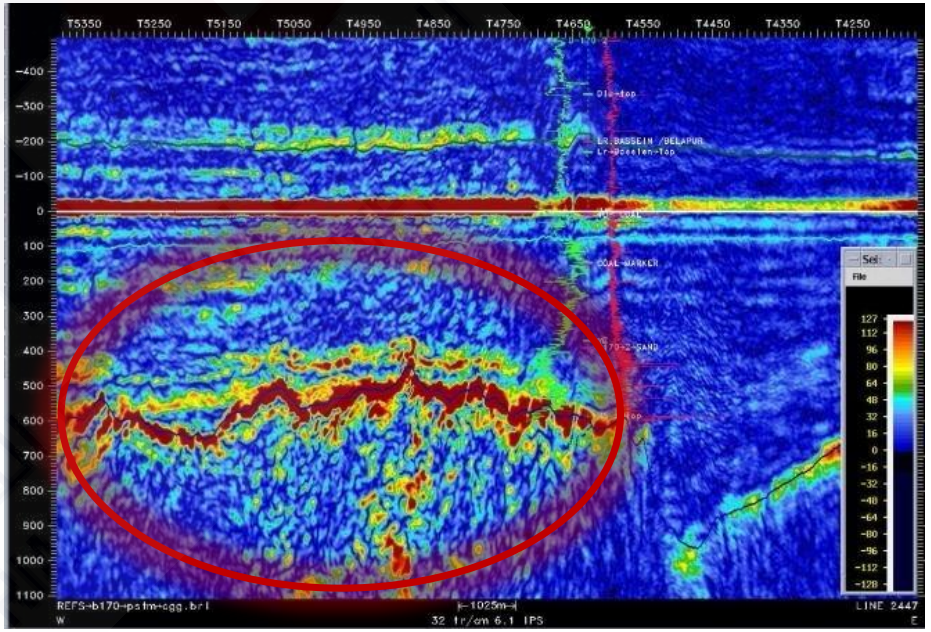
Dr. Riad Taifour

4– الخصائص السيزمية المشتقة من السعة (الشرائح الأفقية):

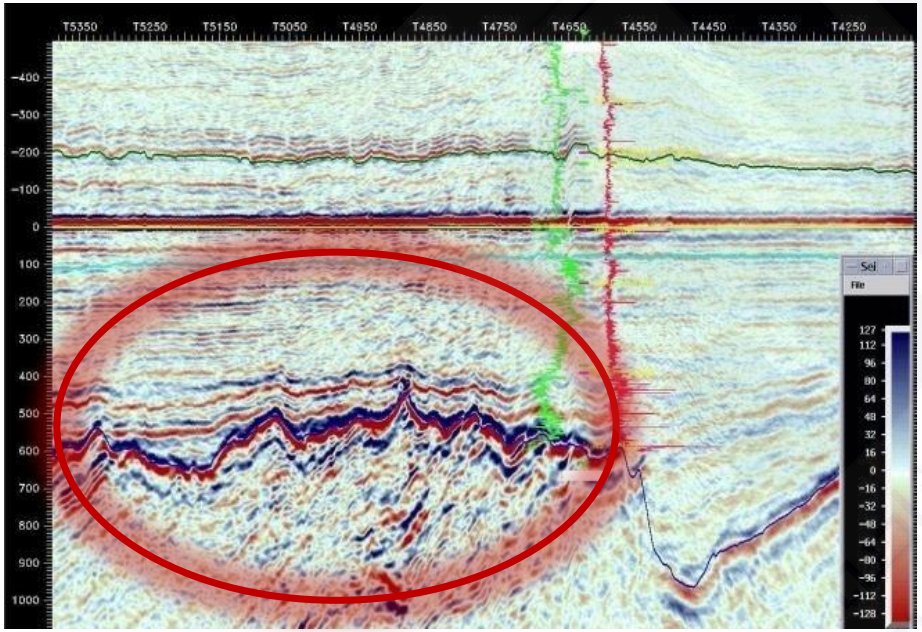
(Amplitude derived Horizon attributes)

- خاصية قوة او سعة الانعكاس (Reflection Strength) Envelope

❑ تستخدم هذه الخاصية في الكشف عن التغيرات الليتولوجية البسيطة التي يصعب تحديدها مباشرة من البيانات السيزمية أما التغيرات الجانبية لهذه الخاصية تعبر عن التغير الجانبي في المكونات الصخرية. ترتبط القيم العالية لهذه الخاصية بتغرات ليتولوجية كبيرة وبحدود المتتاليات الستراتيغرافية (اللاتوافقات) كذلك بالبقع المضيئة الناتجة عن التراكمات الغازية.



نفس المقطع بعد تطبيق
خاصية قوة الانعكاس



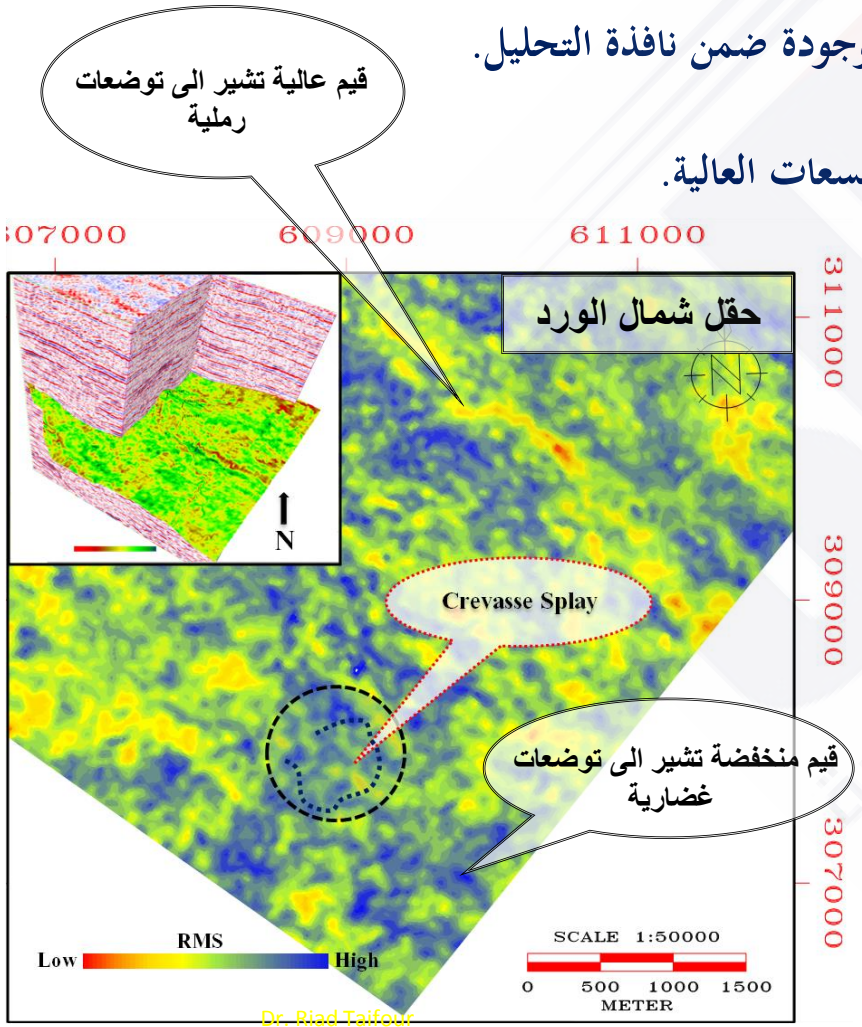
مقطع سيزمي

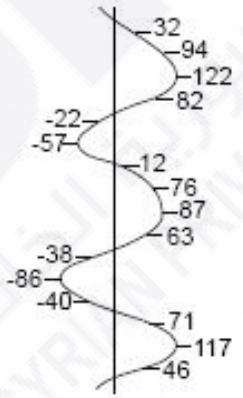
4- الخصائص السيزمية المشتقة من السعة (النوافذ):

(Amplitude derived Window attributes)

- خاصية متوسط الجذر التربيعي لسعة الإشارة السيزمية (Root mean square of signal amplitude)

- ❑ تحسب هذه الخاصية كجذر تربيعي لمتوسط مربعات السعات الموجودة ضمن نافذة التحليل.
- ❑ لأن السعات تربع قبل حساب المتوسط لذلك هي حساسة لقيم السعات العالية.
- ❑ تستخدم للتمييز بين عدة أنواع من الليتولوجيا.





$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} a_i^2}$$

$$= \frac{1}{16}(32^2 + 94^2 \ldots + 117^2 + 46^2)$$

$$= \sqrt{\frac{1}{16}(83945)}$$

$$= \sqrt{5246.56}$$

$$= 72.43$$

Dr. Riad Taifour

4– الخصائص السيزمية المشتقة من السعة (النوافذ):

(Amplitude derived Window attributes)

- خاصية متوسط الجذر التربيعي لسعة الإشارة السيزمية (**Root mean square of signal amplitude**)

تعطي هذه الخاصية معلومات عن الطاقة المحتواة داخل البيانات السيزمية. وعموماً إن أي خاصية سيزمية ترتبط بالمحتوى الطاقي داخل الأثر السيزمي، تستخدم للتمييز بين عدة أنواع مختلفة من الليتولوجيا، بمعنى آخر إن أي قيمة عالية لـ RMS تشير إلى قيم عالية للمسامية التي ترتبط بدورها بتوضعات رملية ذات صفات خزنية ممتازة للهيدروكربون .

4- الخصائص السيزمية المشتقة من التردد (الشرائح الأفقية):

(Frequency derived Horizon attributes)

- التردد الآني (Instantaneous Frequency)

- توضح مقدار تغير الطور الآني، أو بعبارة أخرى هي مشتق الطور الآني الذي يتغير بين 180- و 180+.

ويمكن حساب التردد الآني من العلاقة:

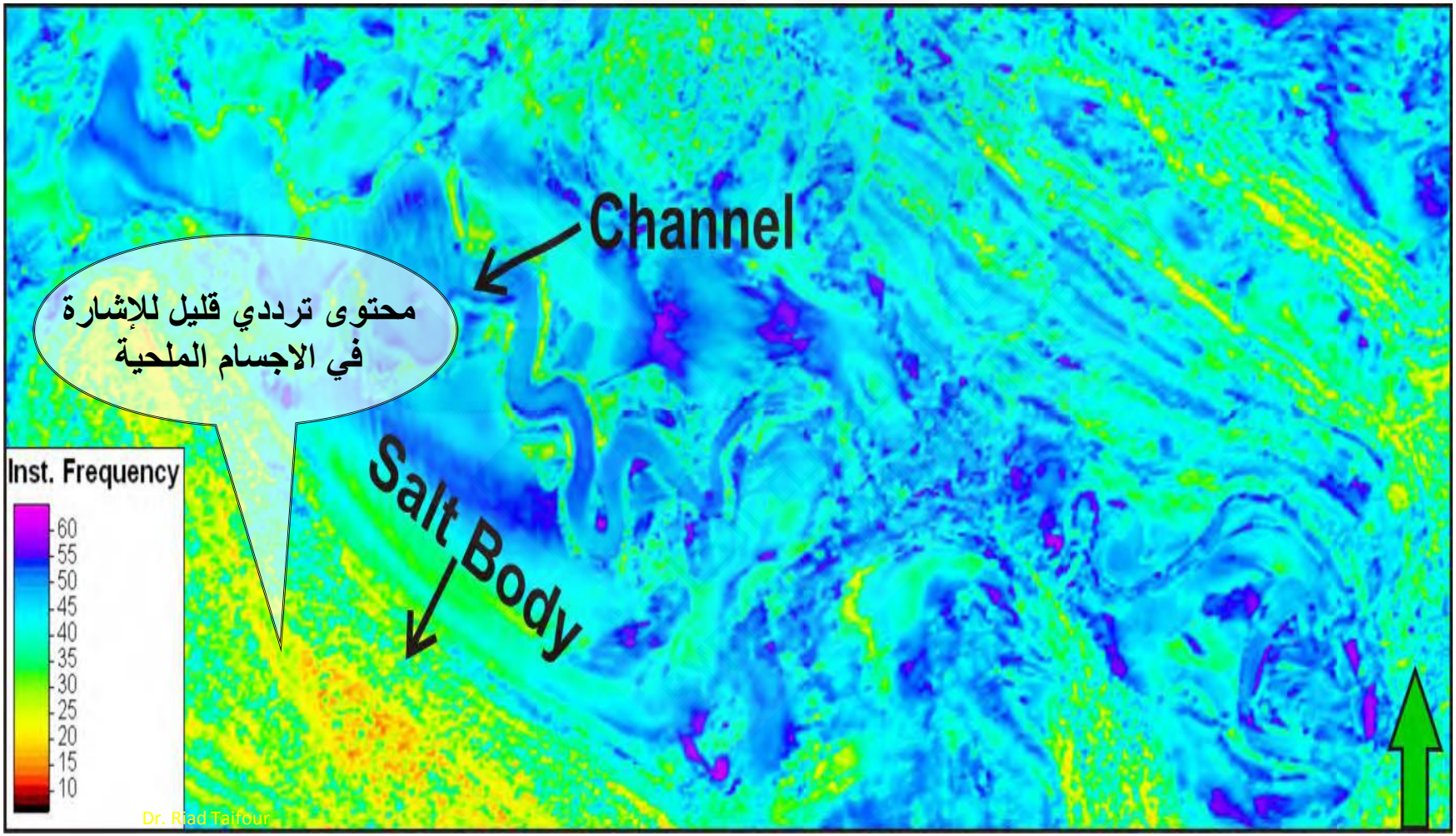
$$Freqt = \frac{\partial[ph(t)]}{\partial(t)} \frac{\partial \arctan[q(t)/f(t)]}{\partial(t)} = \frac{[f(t).dq/dt - q(t).df/dt]}{[f^2(t) + q^2(t)]}$$

- تستخدم هذه الخاصية للتعرف على القطاعات التي يحدث عندها تخامد الموجة السيزمية.
- تتغير قيم التردد الاني بشدة عند نطاقات ترقق الطبقات، ونقاط تماس الماء مع الهيدروكربون. حيث تنخفض الترددات الانية الى حد كبير في الانعكاسات الواقعة مباشرة تحت النطاقات النفطية.
- كما تستخدم للتعرف على التغيرات الجانبية الليتولوجية وعلى تشخيص الفوالق. ان هذه الخاصة حساسة جداً لوجود أمواج الضجيج.

4– الخصائص السيزمية المشتقة من التردد (الشرائح الأفقية):

(Frequency derived Horizon attributes)

- التردد الآني(Instantaneous Frequency)



4- الخصائص السيزمية المشتقة من التردد (النوافذ):

(Frequency derived Window attributes)

- التردد المسيطر Dominant Frequency

❑ لفهم خاصية التردد المسيطر لابد من فهم خاصية النطاق الترددي الآني (Instantaneous Bandwidth) التي يعبر عنها بالهرتز وفق المعادلة التالية:

$$\omega_B = \left| \frac{d\left[\frac{(env(t))}{dt}\right]}{env(t)} \right|$$

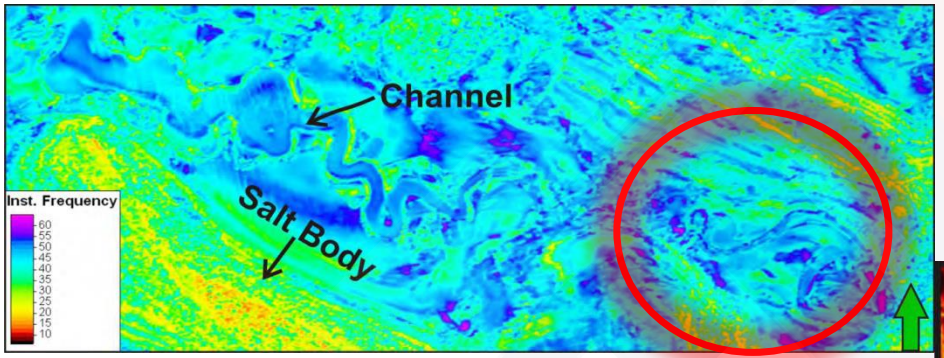
أي يعبر عنها رياضياً بأنها القيمة المطلقة لمشتق قوة الانعكاس (envelope) بالنسبة للزمن مقسومةً على قوة الانعكاس وذلك وفقاً للنافذة الزمنية التي يحددها المستخدم.

❑ تفسر هذه الخاصية جنبا الى جنب مع خاصية التردد المسيطر وخاصية التردد الآني، وبالمقارنة مع خارطة التردد الاني فإنها تعطي دائما قيم تردد أخفض. ويستخدم هذا النوع من الخصائص في ربط الوحدات السيزمية على جانبي الفوالق.

4– الخصائص السيزمية المشتقة من التردد (النوافذ):

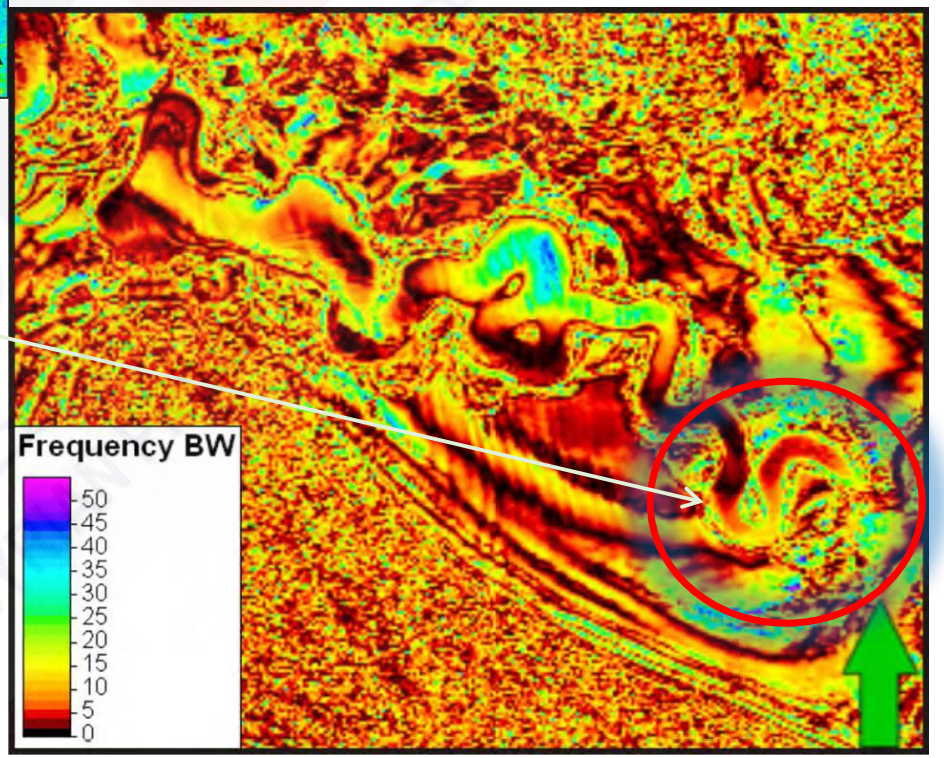
(Frequency derived Window attributes)

- التردد المسيطر Dominant Frequency



شريحة زمنية لخاصية التردد الآني

نفس الشريحة لخاصية النطاق الترددي الآني



محتوى ترددي أقل ومعالم تتعلق بتغيرات ليتولوجية أصبحت أوضح

4- الخصائص السيزمية المشتقة من التردد (النوافذ):

(Frequency derived Window attributes)

- التردد المسيطر Dominant Frequency

- تعرض خاصية التردد المسيطر Dominant Frequency عادةً مع خاصية التردد الآني وخاصية النطاق الترددي الآني وتميز الخصائص الطيفية المتغيرة زمنياً للبيانات السيزمية.
- تتلخص الخوارزمية المتبعة في حساب هذه الخاصية في حساب مجموع مربع خاصية التردد الآني مع مربع خاصية النطاق الترددي الآني ومن ثم حساب الجذر التربيعي لذلك المجموع وهذا ما تلخصه المعادلة التالية:

$$\omega_{RMS} = \sqrt{{\omega_B}^2 + {\omega_c}^2}$$

- الجمع بين خرائط الخصائص المذكورة أعلاه هي أفضل وسيلة للبحث عن الظلال منخفضة التردد (low frequency shadows) التي تشير الى حزانات نفطية او غازية محتملة، كذلك تفيد في تمييز القبب الملحية والأقنية المائية ضمن البيانات السيزمية.

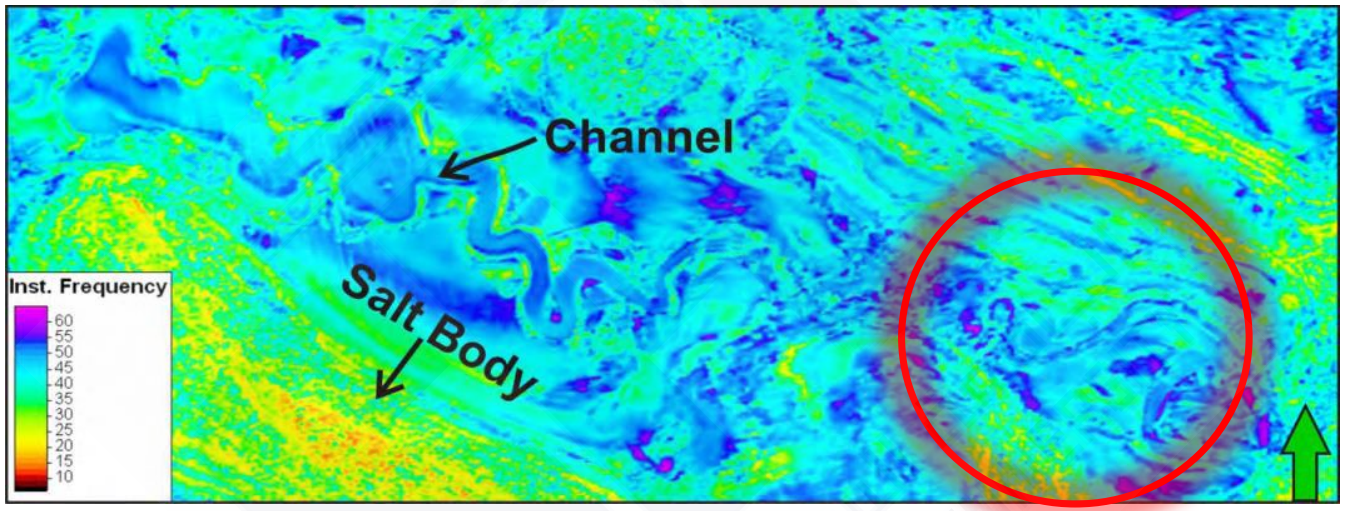
- عندما يتم الجمع بين خصائص التردد الآني والنطاق الترددي الآني والتردد المسيطر يجب الانتباه الى ان المقياس اللوني يجب ان يكون واحداً للخصائص الثلاث والا سيؤدي الى اخطاء في التفسير.

4– الخصائص السيزمية المشتقة من التردد (النوافذ):

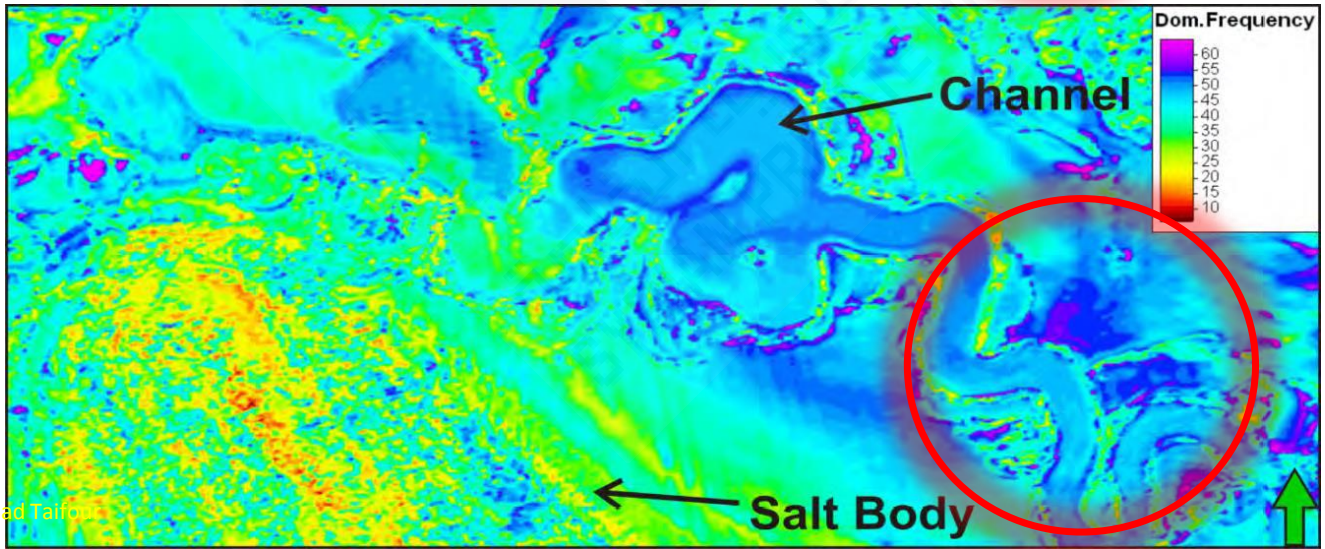
(Frequency derived Window attributes)

- التردد المسيطر Dominant Frequency

شريحة زمنية لخاصية التردد الآني



شريحة زمنية لخصائص التردد الآني والنطاق الترددي الآني والتردد المسيطر



Dr. Riad Taifour

5- خصائص سيزمية إضافية

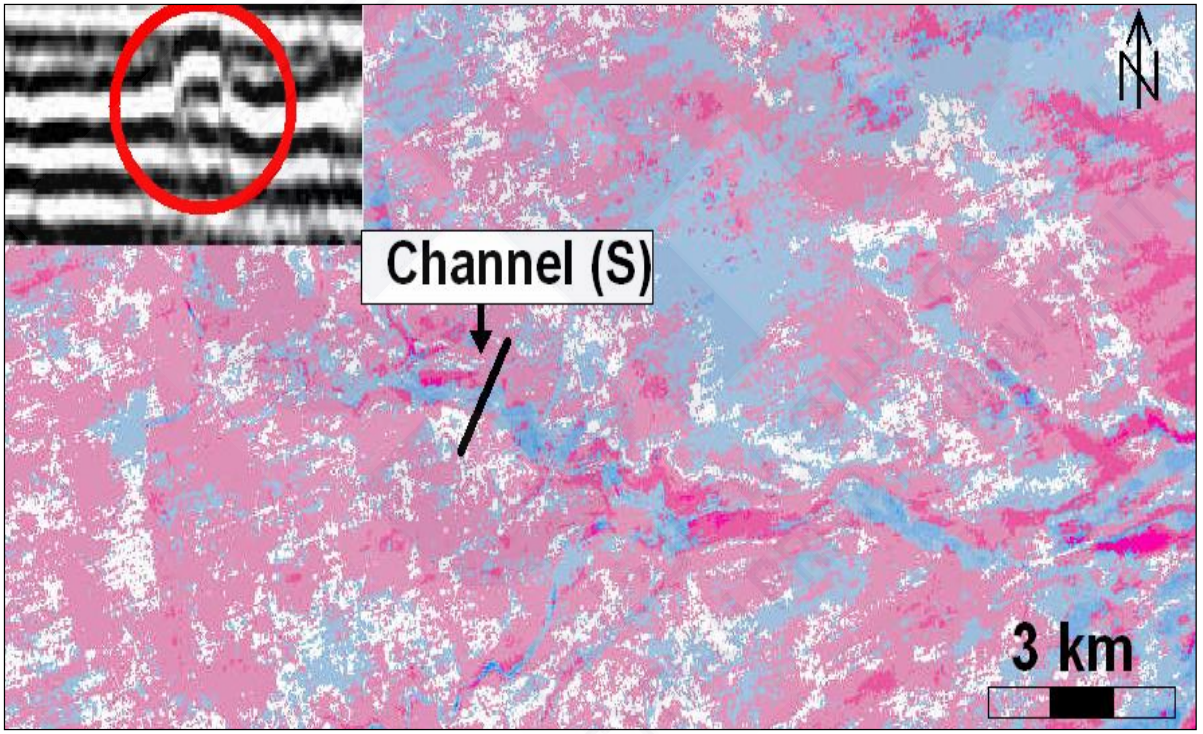
- القطبية الظاهرية (Apparent Polarity)

- عبارة عن حاصل ضرب قوة (سعة) الانعكاس بقطبيته.

- يستفاد منه في تمييز ظاهرة البقع المضيئة Bright Spots على المعطيات السيزمية، المميزة للتجمعات الغازية في الرسوبيات الحطامية الرملية التي عادة لها ممانعة صوتية أقل من الطبقات المجاورة.

- يظهر الانعكاس بقطبية سالبة عند قمة الطبقة الخازنة الحاملة للغاز، فيما يظهر الانعكاس بقطبية موجبة عند تماس الماء–الغاز أو النفط– الغاز و عند ذلك تبرز ظاهرة البقع المسطحة Flat Spot.

- يؤدي تطبيق هذه الخاصة على المعطيات السيزمية إلى فصل و إبراز الظواهر مسار الاقنية المدفونة .



خارطة القطبية الظاهرية تبين مسار الاقنية المدفونة في منطقة مضيق هرمز

شكراً لإصغائكم