الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

كلية هندسة البترول
Faculty of Petroleum Engineering

صفات الخزانات المتشققة

السنة الخامسة م ١٠

الدكتور نضال شقير

2018 - 2019

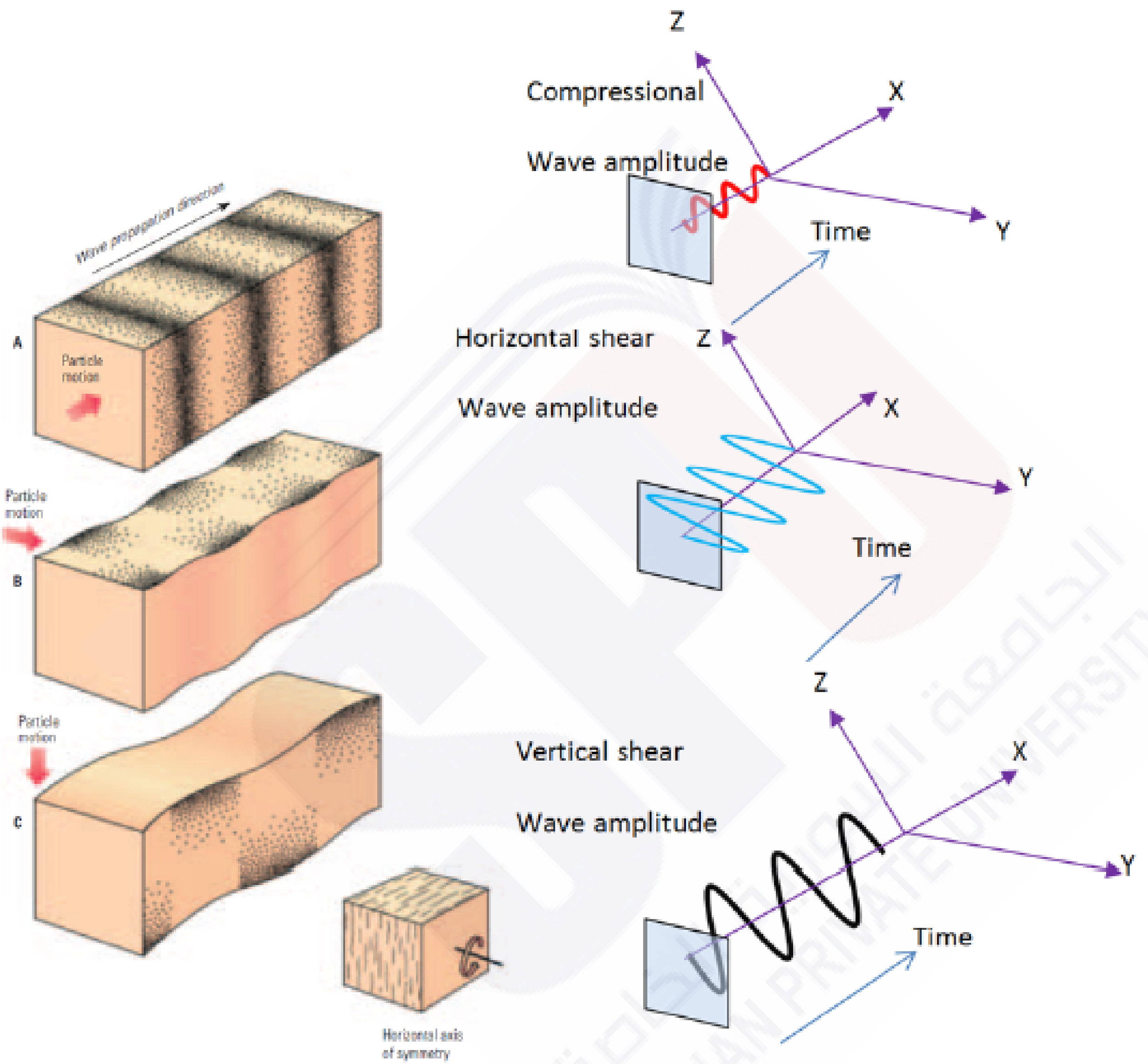


Fig. 12—In the case of compressional wave propagation, particles move in the direction of wave propagation. In the case of shear wave propagation, particles move orthogonal to the direction of wave propagation (Haldorsen et al., 2006).

الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

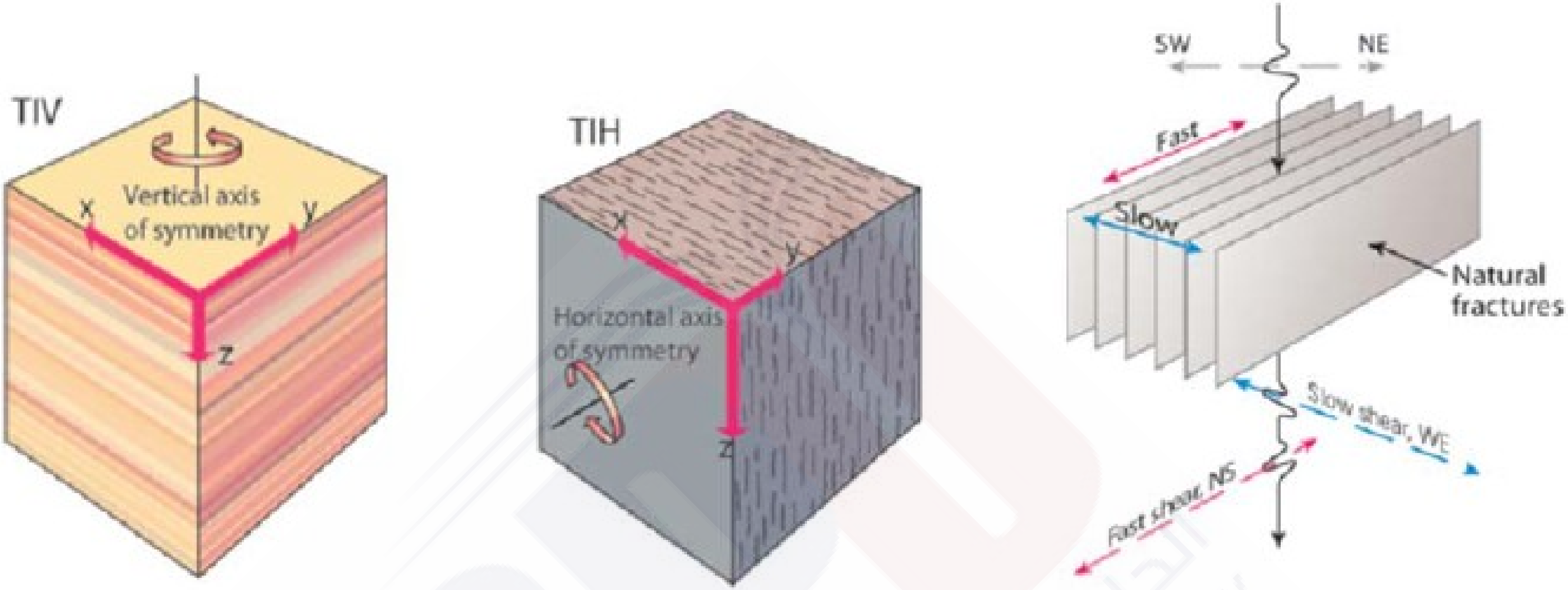
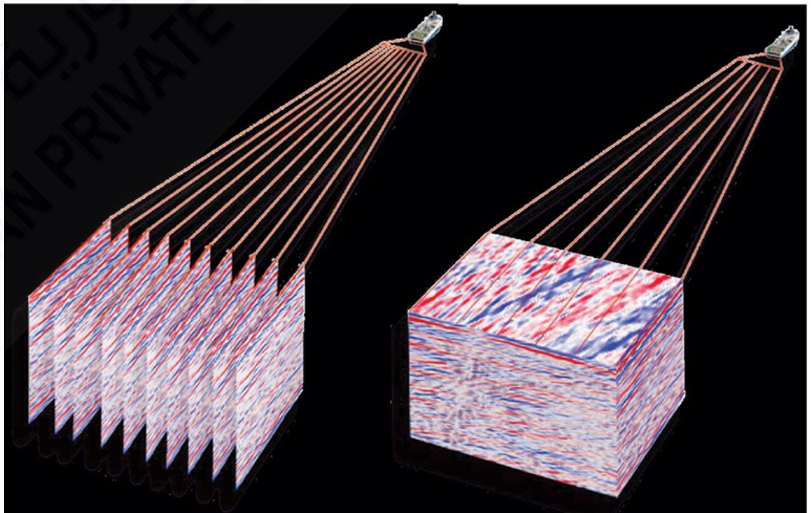


Fig. 19—Schematic representation of vertical transverse isotropy rock (TIV) and Horizontal transverse isotropy rock (TIH). Layered formations form TIV and fracture formations form TIH (Close et al., 2009).



SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

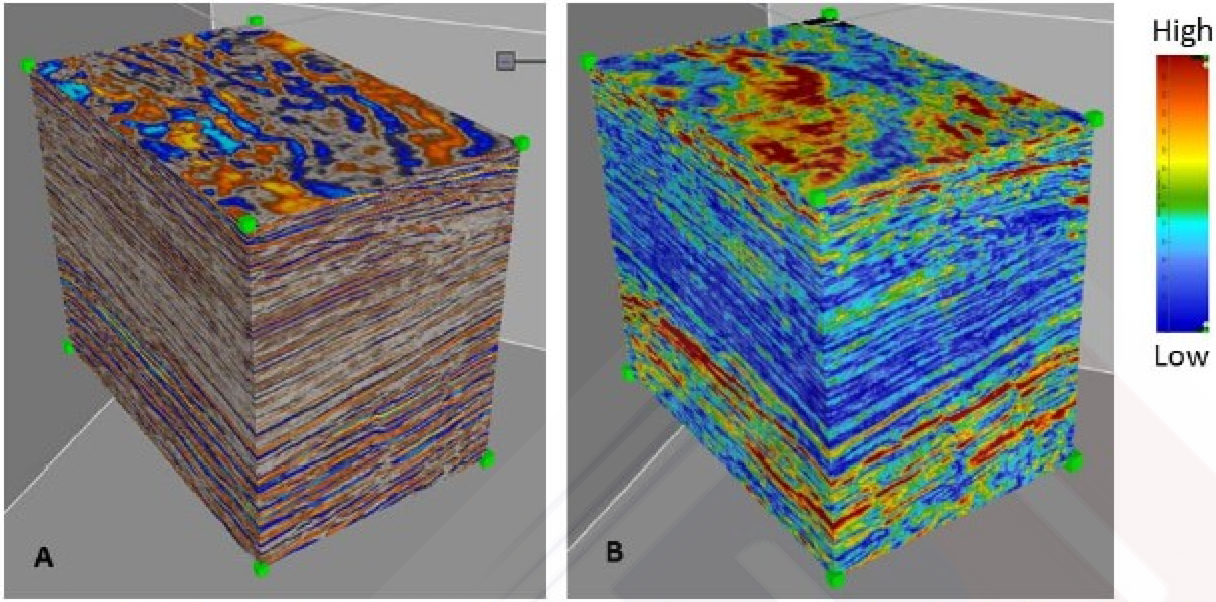


Figure 1. Examples of original volume (A) and resultant envelope attribute volume (B). The attribute values range from 0 (blue) to 152.4 (red) as shown on the color bar (http://esd.halliburton.com).

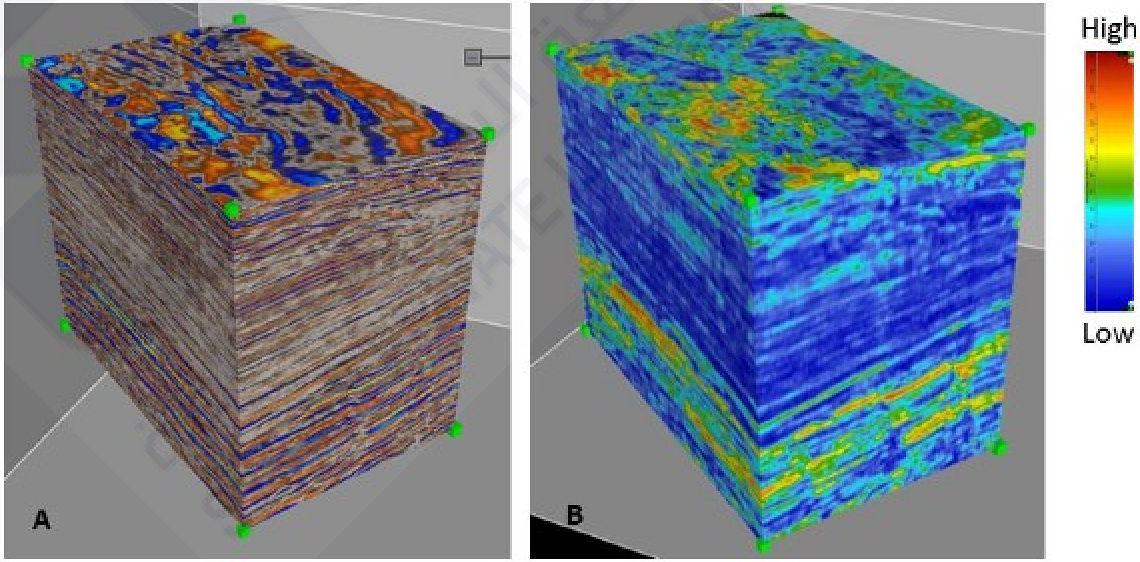


Figure 2. Examples of original volume (A) and resultant RMS amplitude attribute volume (B). The attribute values range from 0 (blue) to 127 (red) as shown in the default color bar (http://esd.halliburton.com).

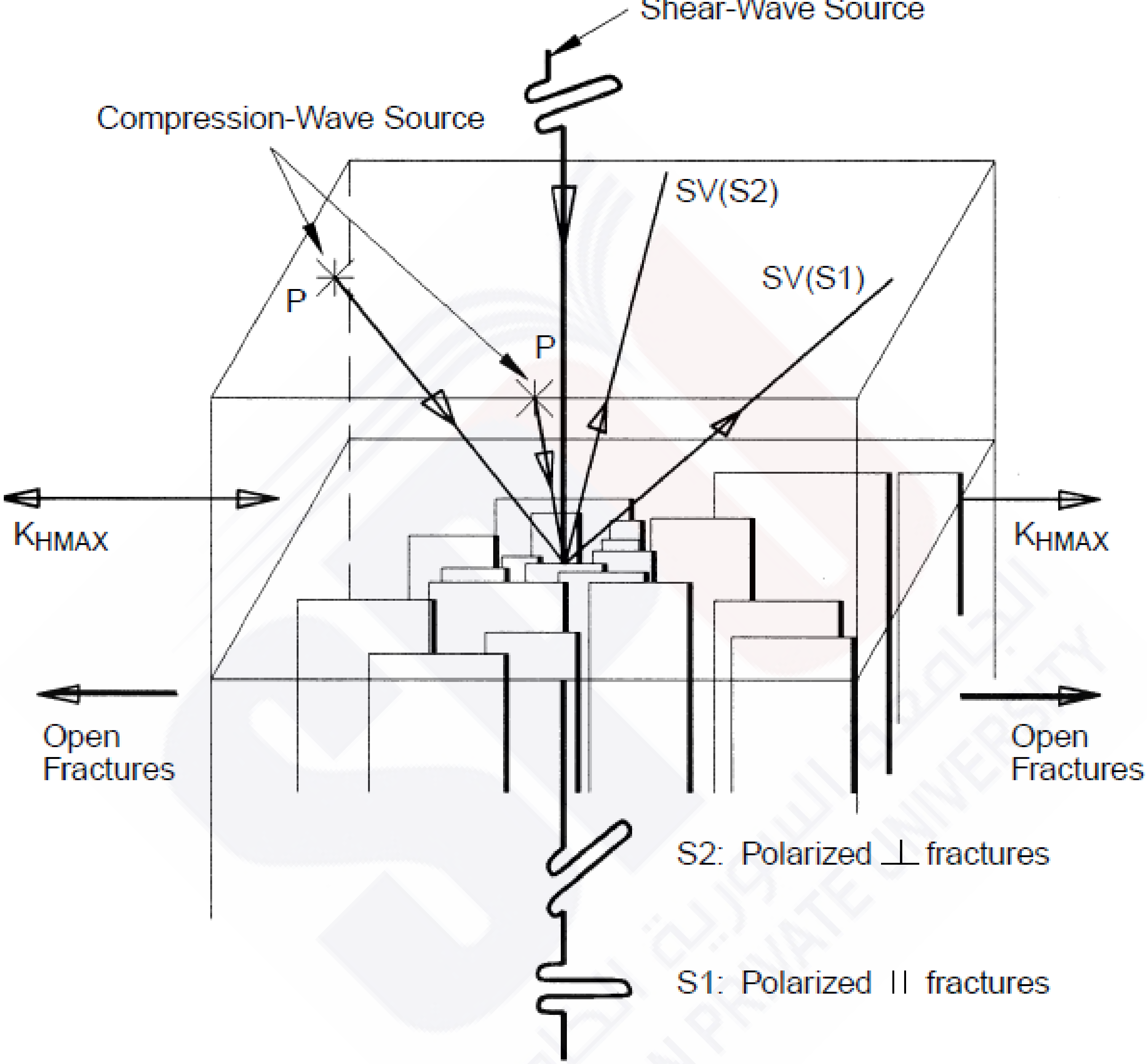
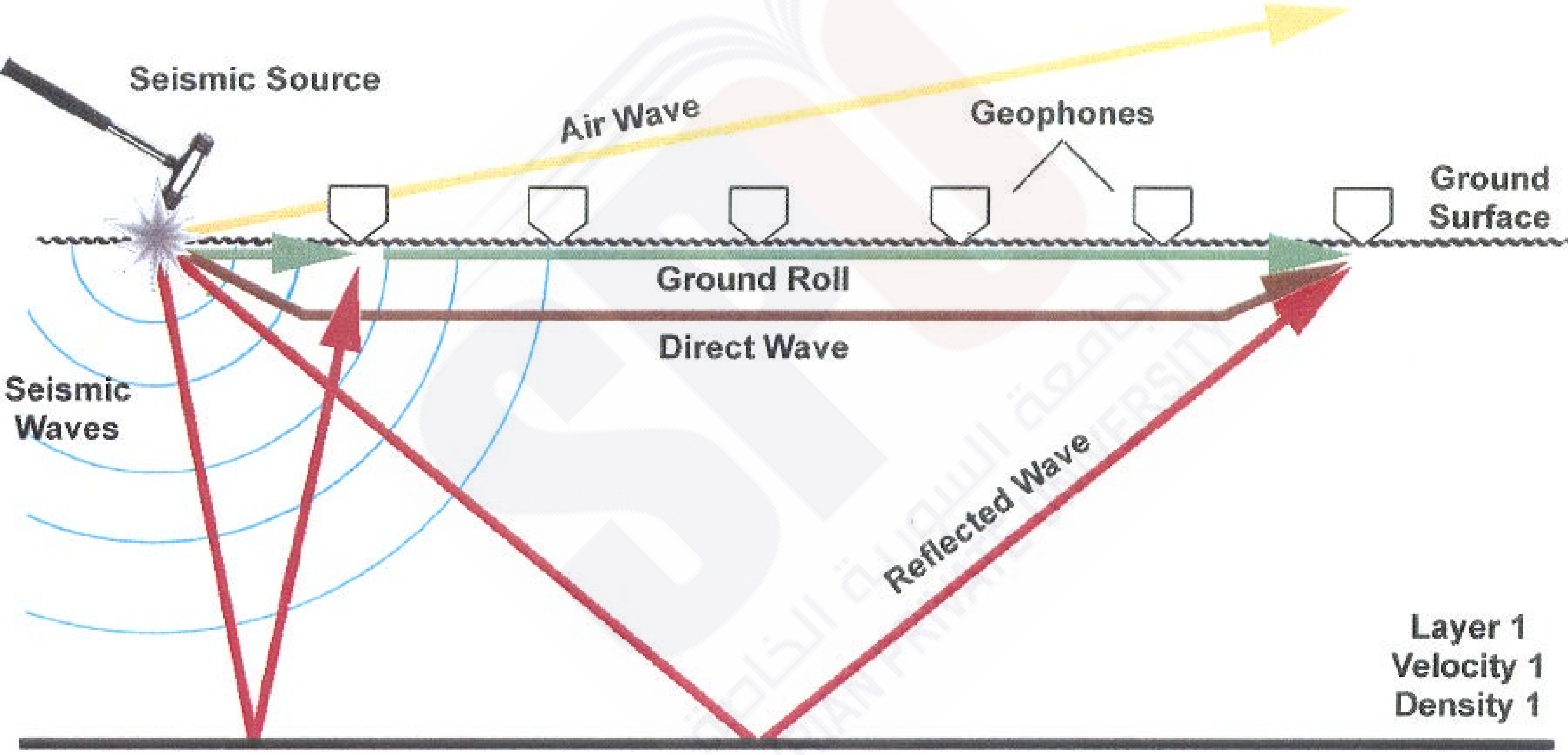


Figure 2—Schematic representation of shear-wave splitting through an anisotropic material and compression-wave conversion to shear waves from reflection at an isotropic-anisotropic boundary. Ray paths for compression waves are shown both perpendicular and parallel to the dominant open-fracture orientation. KHMAX = maximum horizontal stress direction (modified from .(Crampin, 1985; Lynn,1996


Seismic Source
Air Wave
Geophones
Ground Surface
Ground Roll
Direct Wave
Seismic Waves
Reflected Wave
Layer 1
Velocity 1
Density 1

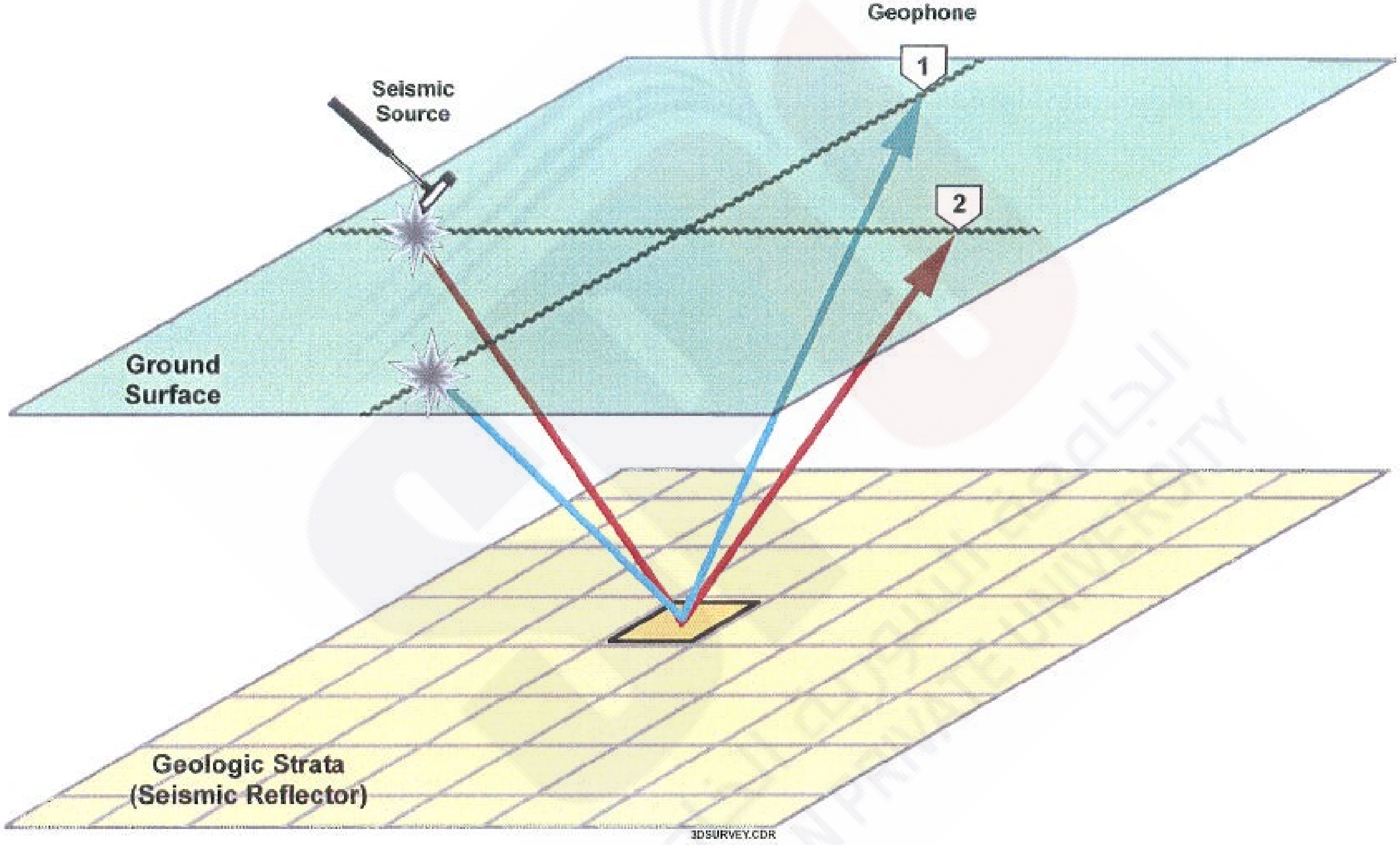


Figure 3. 3-D Seismic Survey

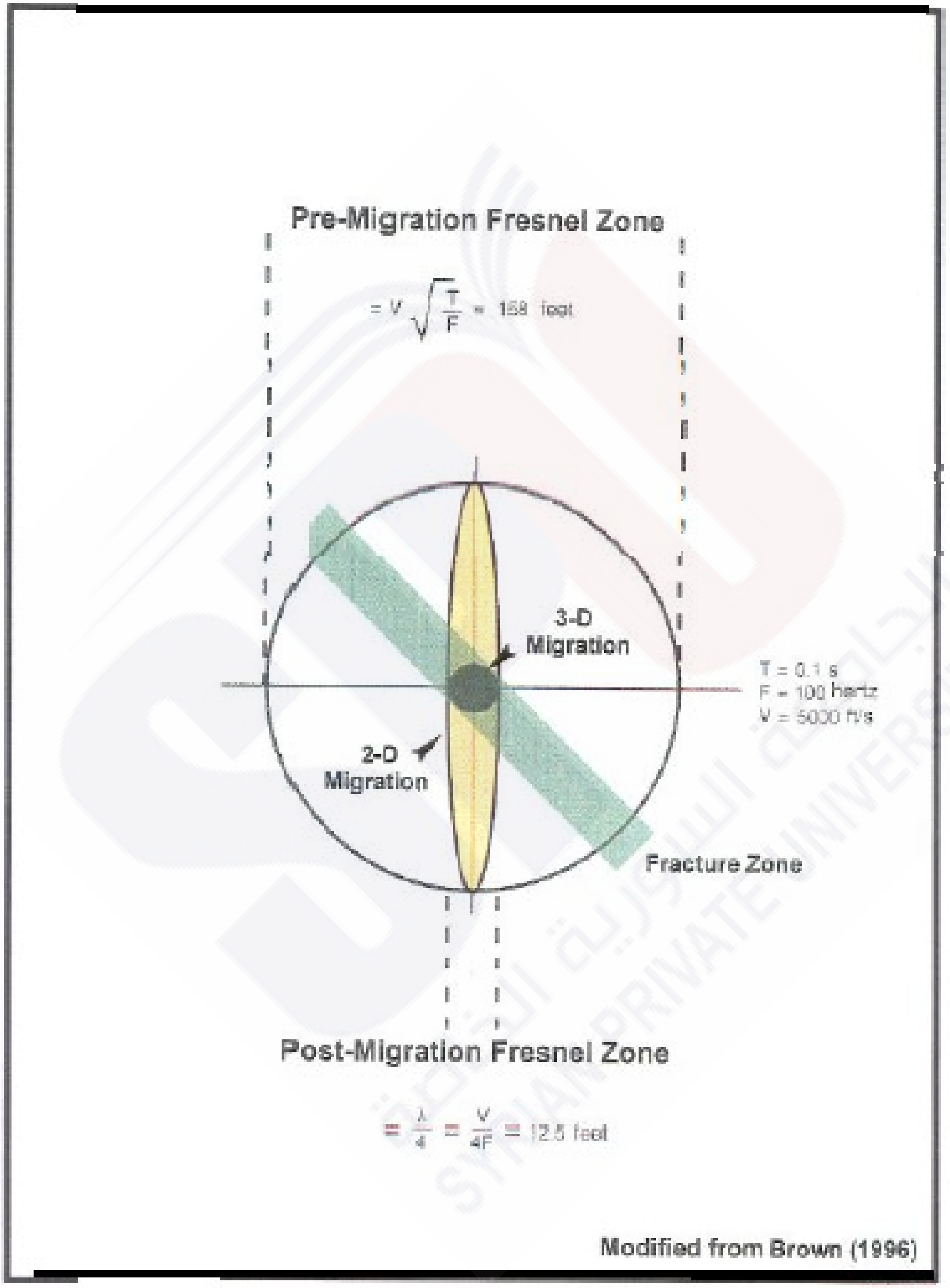


Figure 4. Effects of 3-D Seismic Data Resolution on Hypothetical Fresnel Zone

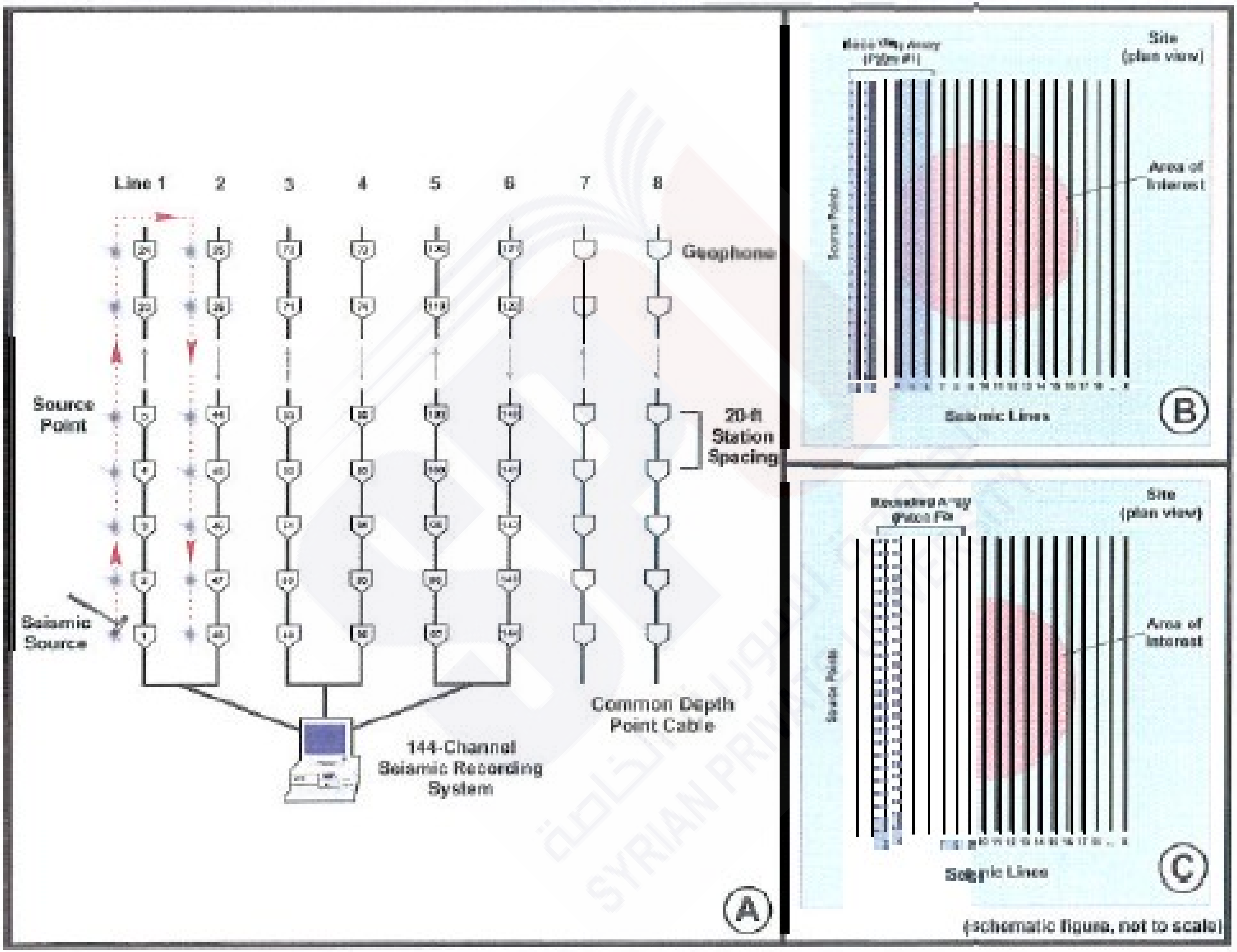


Figure 20. 3-D Data Acquisition Schematic

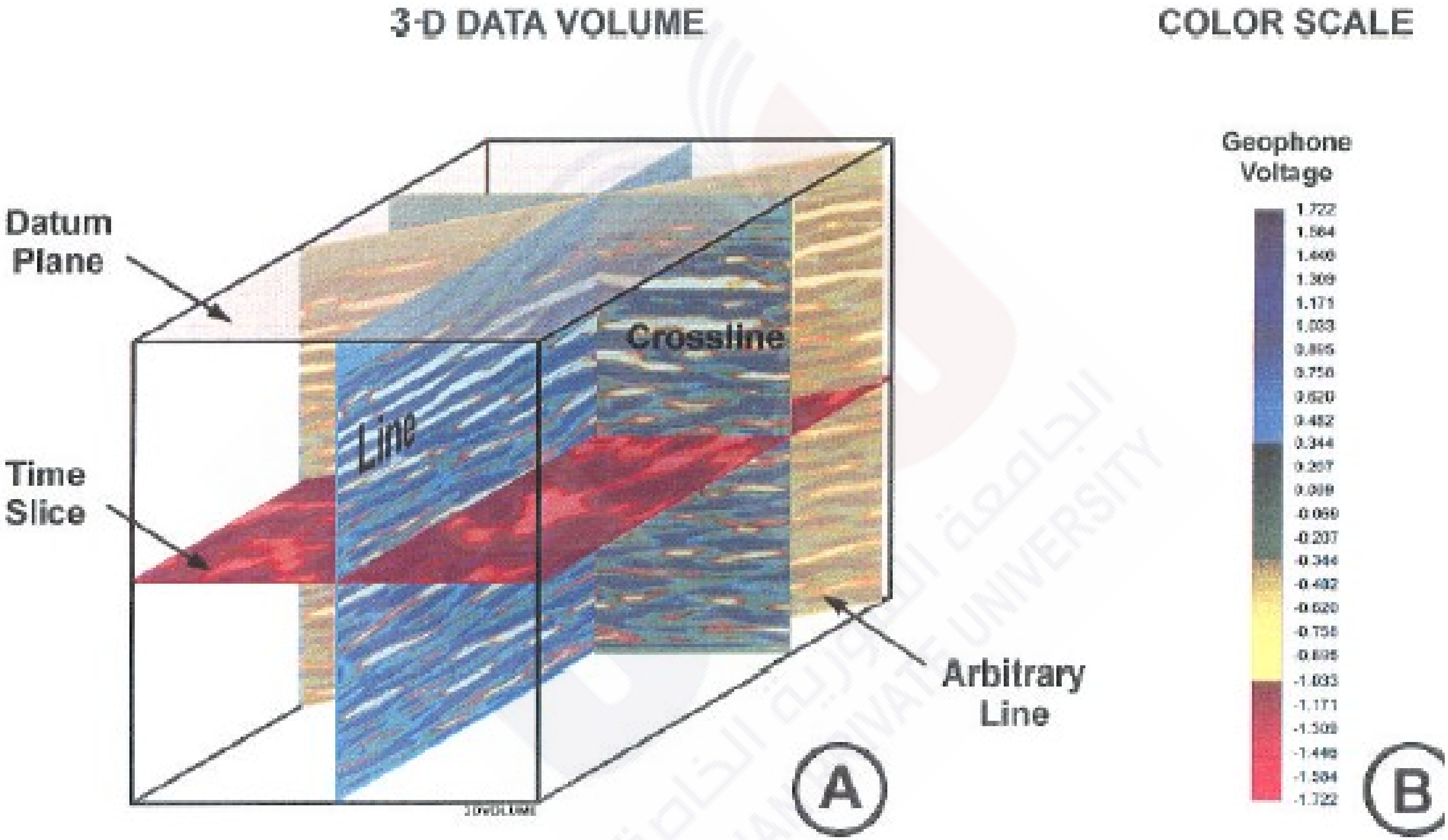


Figure 21. 3-D Data Volume Schematic and Seismic Plot Color Scale

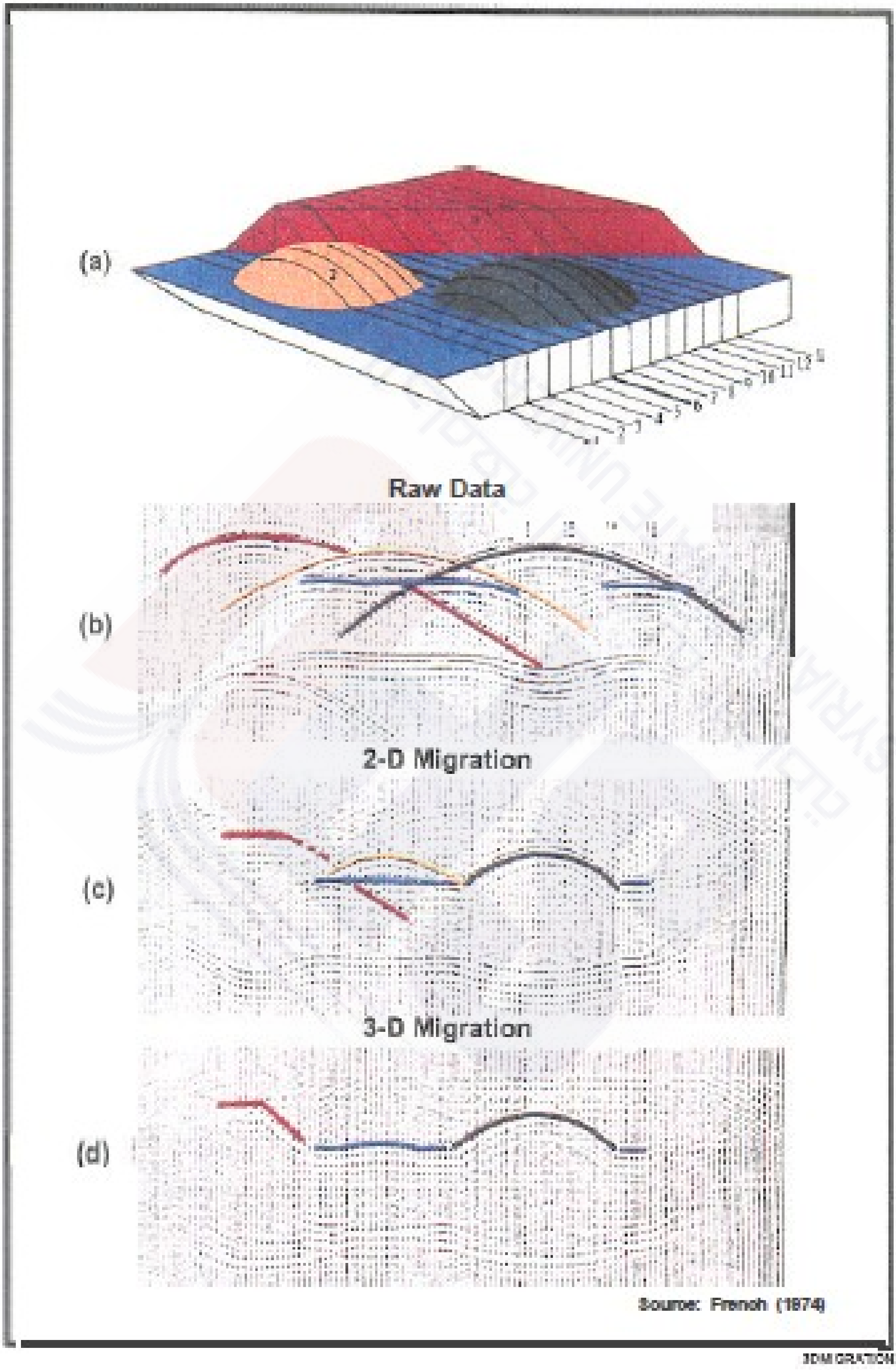


Figure 5. Comparative Effects of 2-D and 3-D Seismic Data Migration on Resolution Quality

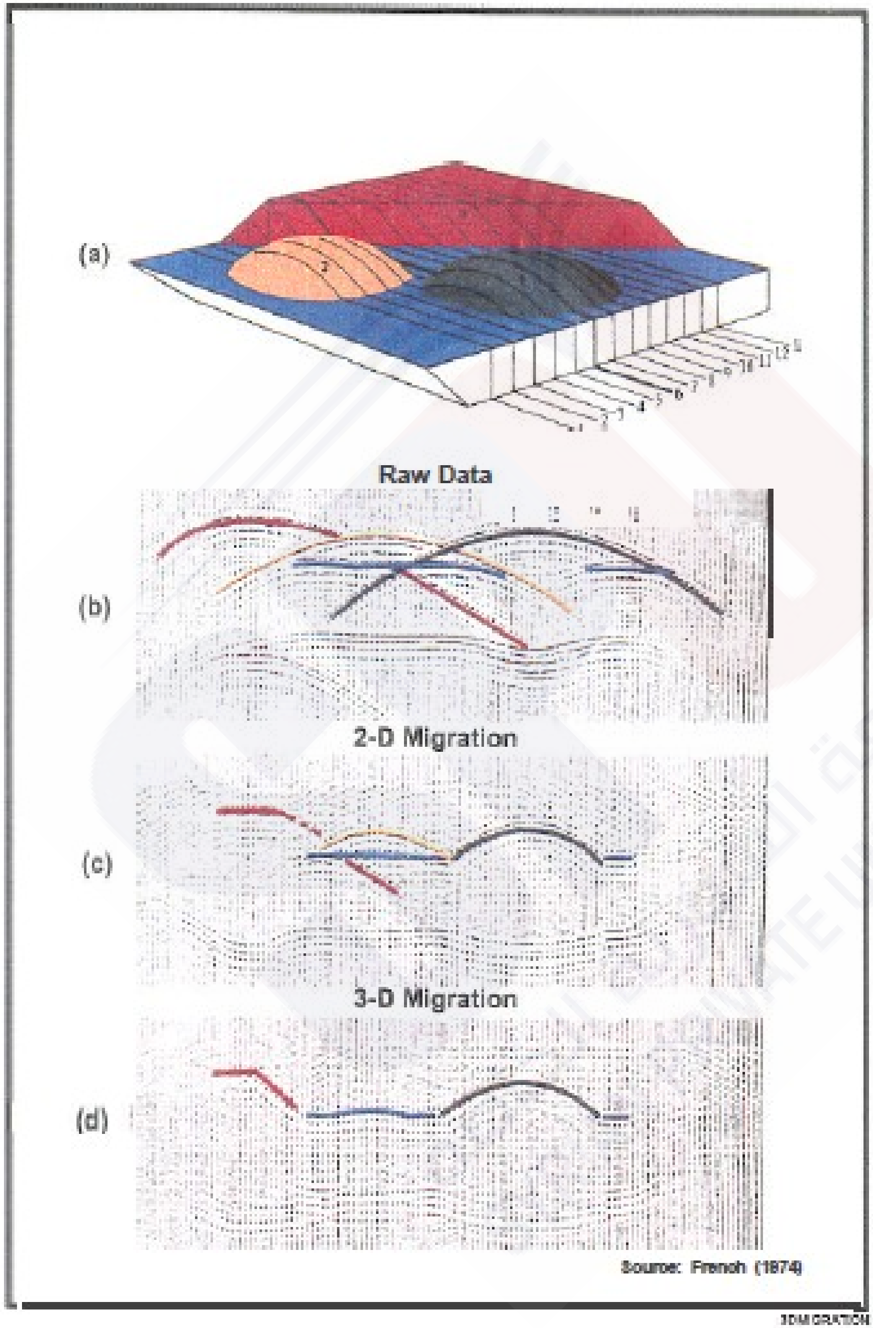


Figure 5. Comparative Effects of 2-D and 3-D Seismic Data Migration on Resolution Quality

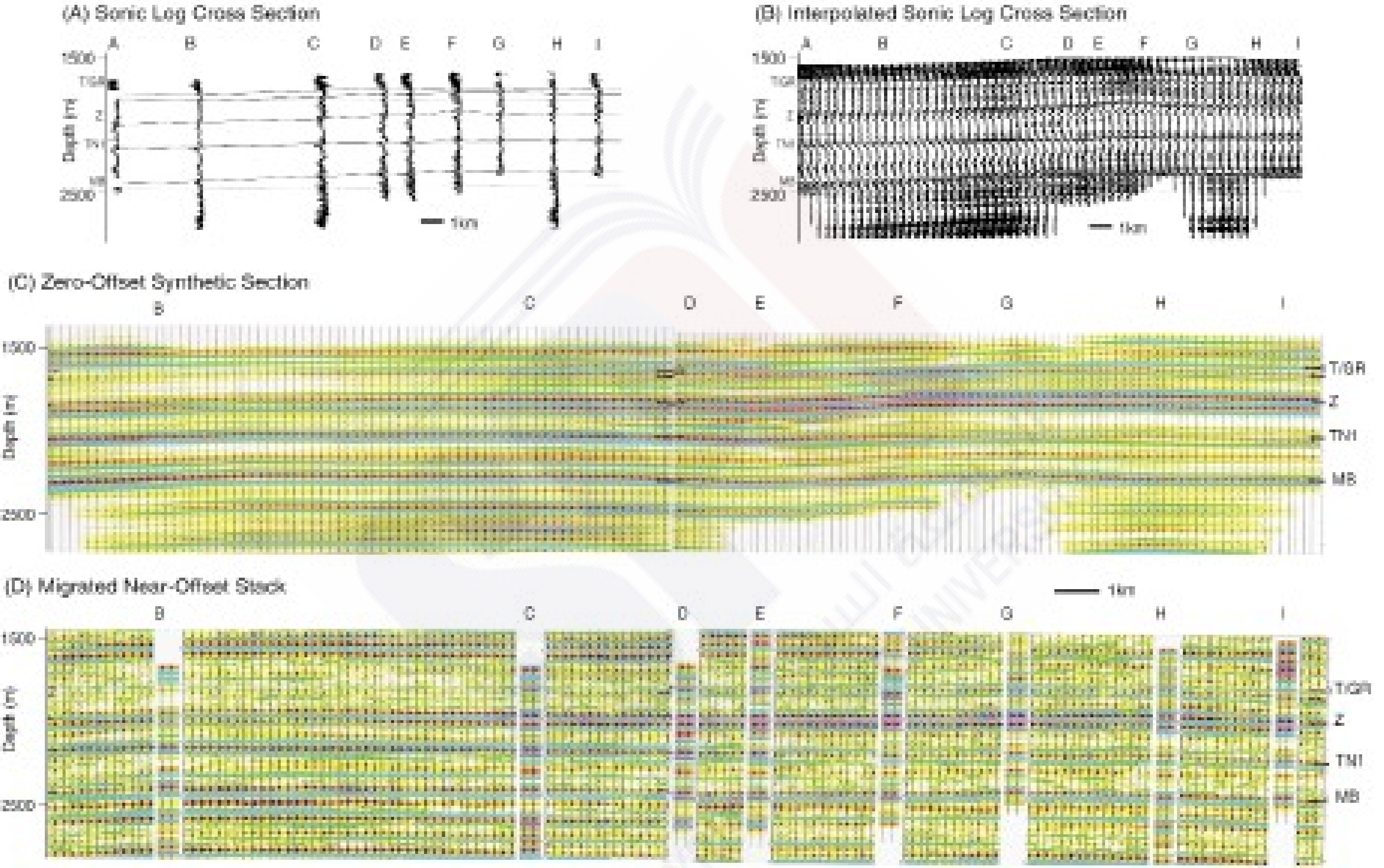
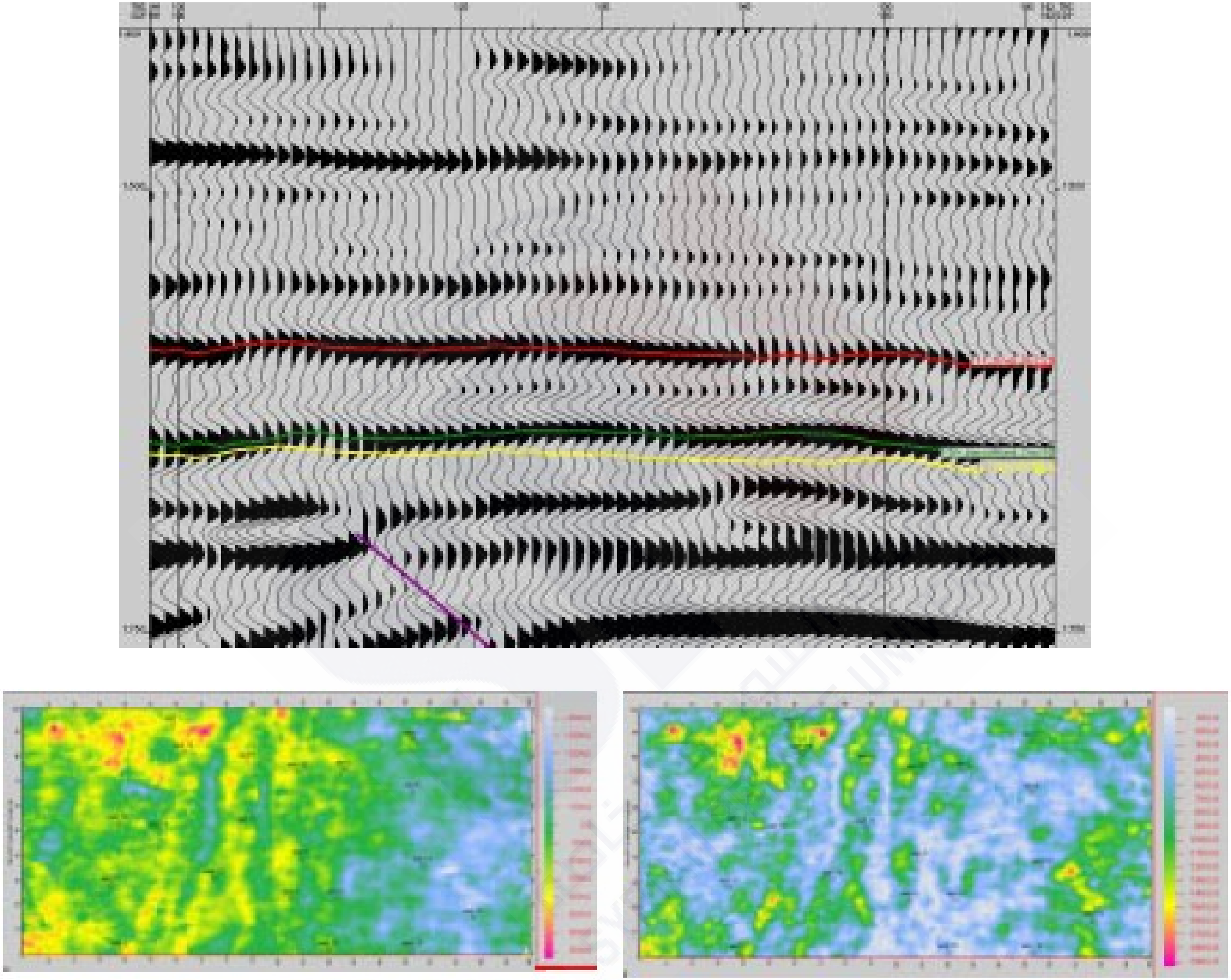


Figure 6—Compression-wave zero-offset synthetic seismogram model for line 1 (northwest-southeast line). (A) sonic log cross section; (B) interpolated sonic log cross section; (C) zero-offset synthetic seismic section; (D) migrated near-offset seismic stack with synthetic sections spliced in below each well. T/GR = top of upper Green River Formation, Z and TN1 are marker horizons, MB = Mahogany Bench.



Left: Amplitude *Right: RMS Amplitude*

Figure 22: Attributes on the phantom horizon corresponding to the F39 level.

السمات السيزمية Seismic Attributes

السمات السيزمية هي مكونات المعطيات السيزمية التي يمكن الحصول عليها من القياسات والحسابات والطرائق السيزمية المختلفة لمعالجة المعطيات. وهذه السمات هي جزء من تقنيات تفسير المعطيات السيزمية. وحتى هذا الوقت تم اشتقاق وحساب الكثير من السمات السيزمية. وهناك الكثير من السمات السيزمية ذات فائدة تجارية، وتُفهم بعد الحصول عليها من المفسرين والمستخدمين.

تصنيف السمات السيزمية Classification of Seismic Attributes

يمكن تقسيم السمات السيزمية إلى جزئيين:

١- السمات الفيزيائية Physical Attributes

٢- السمات الهندسية Geometric Attributes

السمات الفيزيائية Physical Attributes

السمات الفيزيائية مرتبطة بشكل مباشر بعملية انتشار الأمواج و الليتولوجيا وباقي العوامل. كما يمكن تقسيم السمات الفيزيائية إلى: **سمات قبل التكديس وسمات بعد التكديس.**

ولكل منها تقسيمات فرعية أخرى مثل :**السمات اللحظية وسمات النبضة** .

السمات اللحظية تحسب عينة عينة تباعا مع الإشارة إلى التغيرات في استمرارية السمات على طول محور الزمن ومحور المسافة.

أما **سمات النبضة** فهي تمثل خصائص النبضة السيزمية وطيفها السعوي.

السمات الهندسية Geometric Attributes

هي سمات **الميل** و **السمت** و**عدم الاستمرارية (الانقطاع).** سمات الميل أو السعة من المعطيات يتوافق مع ميل الحالات على المقاطع السيزمية. الميل مفيد لجعل الفوالق واضحة ومميزة أكثر. إن السعة من المعطيات السيزمية والواضحة على سمات السمت تتوافق مع السمت عند اتجاه الميل الاعظمي للصورة السيزمية.

السمات الفيزيائية Physical Attributes

١- سمات بعد التكديس Post-Stack attributes

السمات بعد التكديس مشتقة من معطيات التكديس، حيث السمات هي نتيجة مستمدة من الإشارة السيزمية المركبة.

حيث مفهوم الأثر المركب حُدد بما يلي: $CT(t)=T(t)+iH(t)$

حيث : $CT(t)$ = الأثر المركب

$T(t)$ = الأثر السيزمي

$H(t)$= تحويل هلبرت من $T(t)$

$H(t)$ هي تغير الطور بمقدار °90 من $T(t)$.

٢- مغلف الإشارة أو قوة الانعكاس Signal Envelope (E) or Reflection Strength

مغلف الإشارة E يُحسب من الأثر المركب من خلال المعالة التالية :

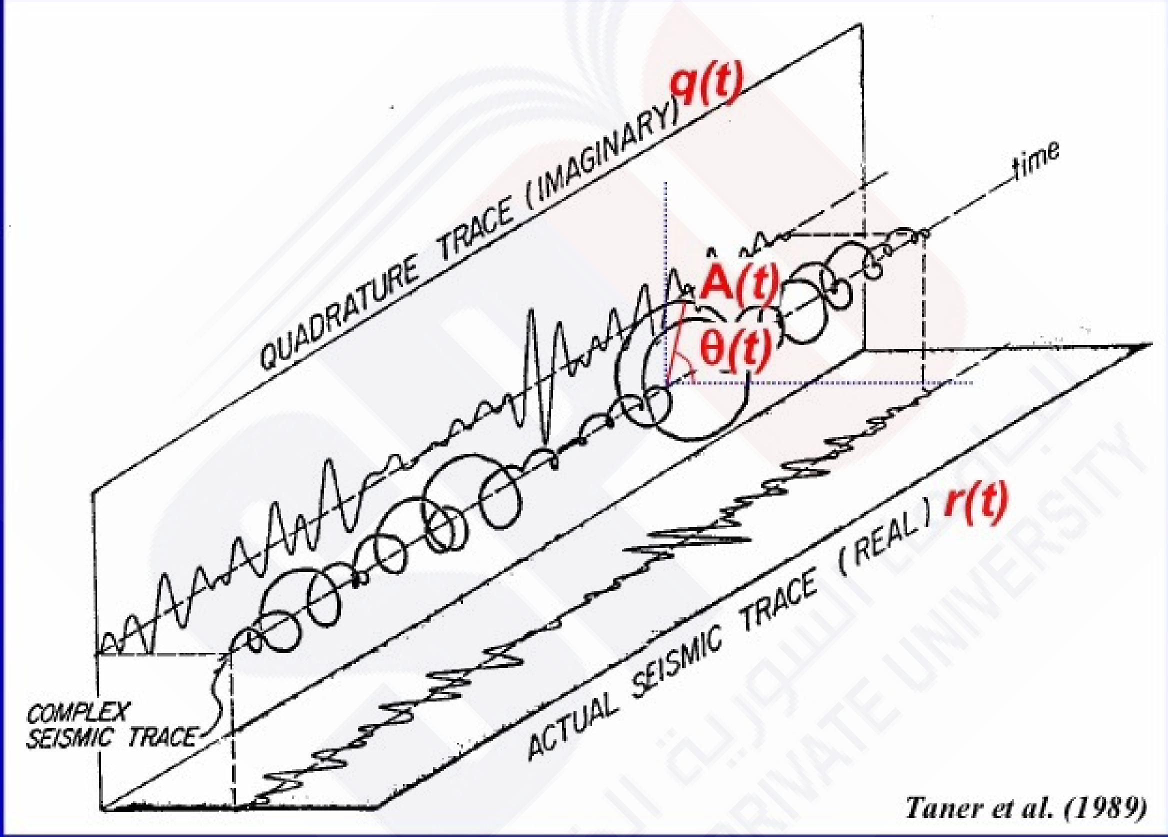
$$E(t)= SQRT\{T^2(t) + H^2(t)\}$$

المغلف هو مغلف الإشارة السيزمية. له مظهر ترد منخفض وسعة موجبة فقط. وهي غالبا تسلط الضوء على ميزة سيزمية أساسية. والمغلف يمثل الطاقة الآنية اللحظية للإشارة ومتناسبة مع مقدر عامل الانعكاس.

المغلف مفيد لتسليط الضوء على الانقطاعات والتغيرات في الليتولوجيا والفوالق والشقوق وتغيرات الترسيب وتتابع الحدود أو العواكس. ومفيد لتحليل شواذات AVO .

وهذه السمات جيدة للبحث عن حزمة السعات. علما بان هذه السمات تمثل أساسا تباين الممانعة الصوتية، ومنه الانعكاسات.

Instantaneous Attributes



Envelope: $A(t) = [q^2(t)+r^2(t)]^{1/2}$

Instantaneous Phase: $\theta(t) = \tan^{-1}[q(t)/r(t)]$

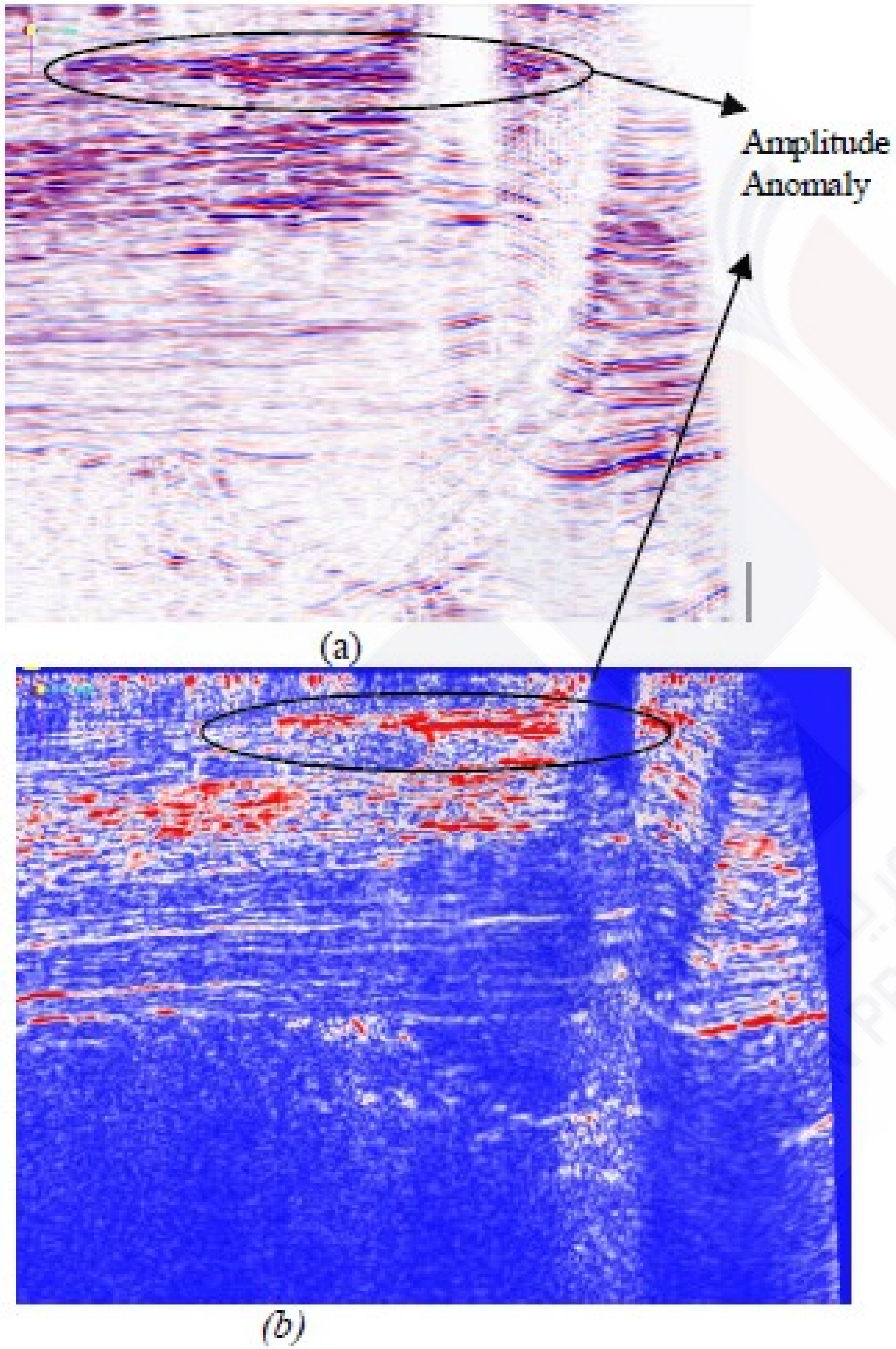
Instantaneous Frequency: $\omega(t)=d\theta(t)/dt$

وهذه السمات تفيد بشكل رئيس لتحديد ما يلي:
-البقع المضيئة
-تجمع الغاز
-تتابع الحدود ، والتغير الرئيسي أو البيئة الترسيبية.
-تأثير الطبقات الرقيقة
-حالات عدم التوافق
-تغيرات الليتولوجيا الرئيسية
-التغيرات المحلية التي تشير للفوالق
-التعالق المكاني لتحديد تغيرات المسامية و الليتولوجيا
-مؤشر مكونات المجموعات وأطوارها لانتشار الأمواج السيزمية .

الشكل (١) مقطع سيزمي عادي (a) يعرض شواذ ذات سعات عالية لعمق قليل ، (b) يعرض سمة السعة لنفس المقطع. ملاحظة شواذ السعات العالي يسلط الضوء بوضوح على مغلف السعات .

٣- مشتق المغلف Envelope Derivative (RE)

هذا هو المشتق الزمني للمغلف $RE(t)=dE(t)/dt$ إن المشتق للمغلف يسلط الضوء على:
-تغيرات الانعكاسات المرتبط كذلك بامتصاص الطاقة.
-حدة في ارتفاع الزمن مرتبط بالامتصاص.
-سطح بيني حاد.
-إظهار عدم الاستمرارية (الانقطاعات).
وتستخدم في حساب اتجاه انتشار المجموعة. عندما مقارن مع اتجاه انتشار الطور،وهي مؤشر لتبدد الأمواج.



الشكل (١) مقطع سيزمي عادي
(a)يعرض شواذ ذات سعات عالية لعمق قليل ، (b) يعرض سمة السعة لنفس المقطع.
ملاحظة شواذ السعات العالي يسلط الضوء بوضوح على مغلف السعات .

٤- المشتق الثاني للمغلف Second Derivative of Envelope (DDE)

هذا المشتق يعطى بالمعادلة التالية: $DDE(t)=d^2E(t)/dt^2$ المشتق الثاني للمغلف يسلط الضوء على السطوح البينية بشكل جيد جداً – مكان التغيير. هذه السمة ليست حساسة للسعة وتسلط الضوء حتى على الأحداث (الحالات) الضعيفة.

- تبين كل العواكس البينية الظاهرة ضمن الحزمة العريضة السيزمية.
-تبين حدة الأحداث السيزمية.
- تشير إلى التغير الحاد في الليتولوجيا .
-التغيرات الكبيرة في البيئة الترسيبية، حتى لو كان مغلف السعات المتشابهة (المتماثلة) ضعيفة أو قليلة.

٥- الطور اللحظي Instantaneous Phase

سمة الطور اللحظي تعطى بالمعادلة $\phi(t)=\arctan|H(t)/T(t)|$

$T(t)$ الأثر السيزمي ، $H(t)$ تحويل هلبرت المرتبط بالمغلف $E(t)$ والطور $\phi(t)$ بالعلاقة التالية:

$$T(t)=E(t)\cos(\phi(t))$$

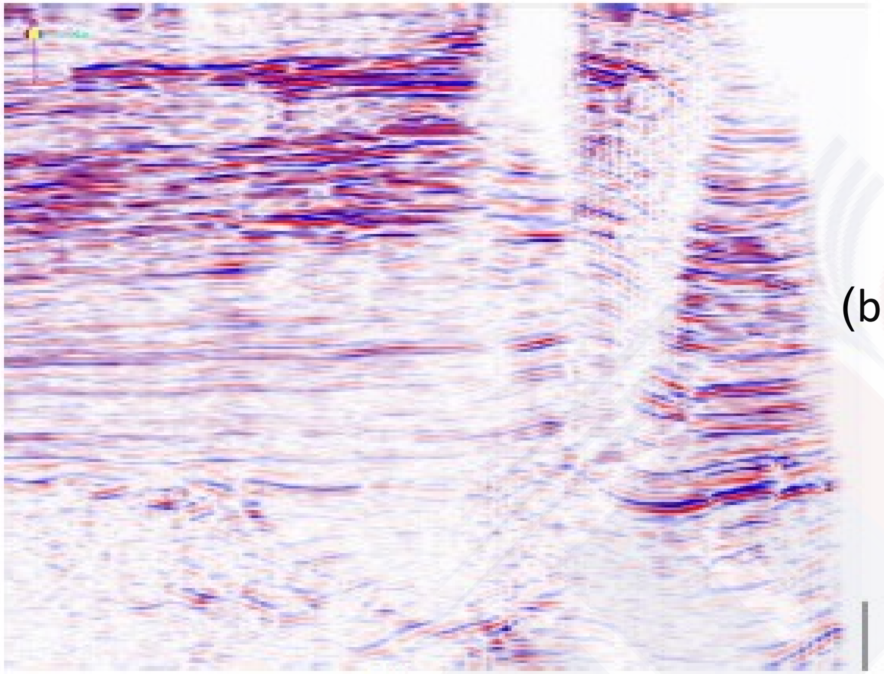
$$H(t)=E(t)\sin(\phi(t))$$

الطور اللحظي يقاس بدرجات (π، -π). وهذا مرتبط بالسعة ويعرض الاستمرارية والانقطاعات للأحداث. ويعرض قاعدة العواكس بشكل جيد جداً. الطور على طول الأفق العاكس يجب أن لايتغير من حيث المبدأ، ولكن يظهر(يحدث) التغير إذا كان هناك مشكلة (ظهور حالة ما على التسجيل)، أو إذا تغيرت الطبقة أفقيا، فجوات فراغات أو ظواهر أخرى.

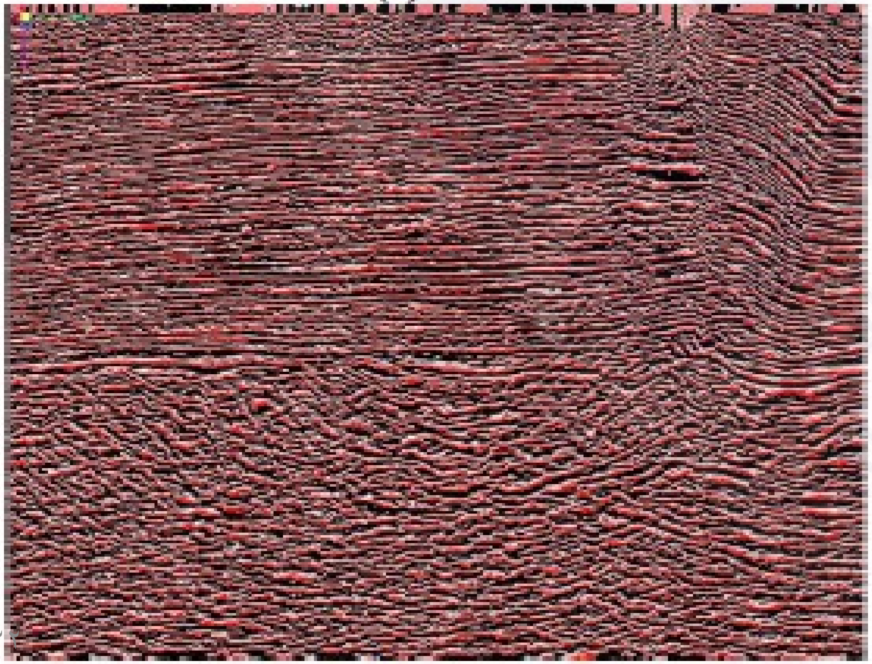
هذه السمة تفيد في :

-مؤشر جيد للتغيرات الجانبية .
-ربط مركبات الطور لانتشار الأمواج.
- يمكن أن تستخدم لحساب طور السرعة .
- يمكن تمثيل كل الأحداث من دون معلومات من السعات.
-يعرض الانقطاعات ولكن لبس بالشكل الأفضل ، ولكنها أفضل لعرض تسلسل العواكس.
- تصور تفصيلي عن تكون السطوح الأساس.
- تستخدم لحساب التردد اللحظي والتسارع اللحظي.

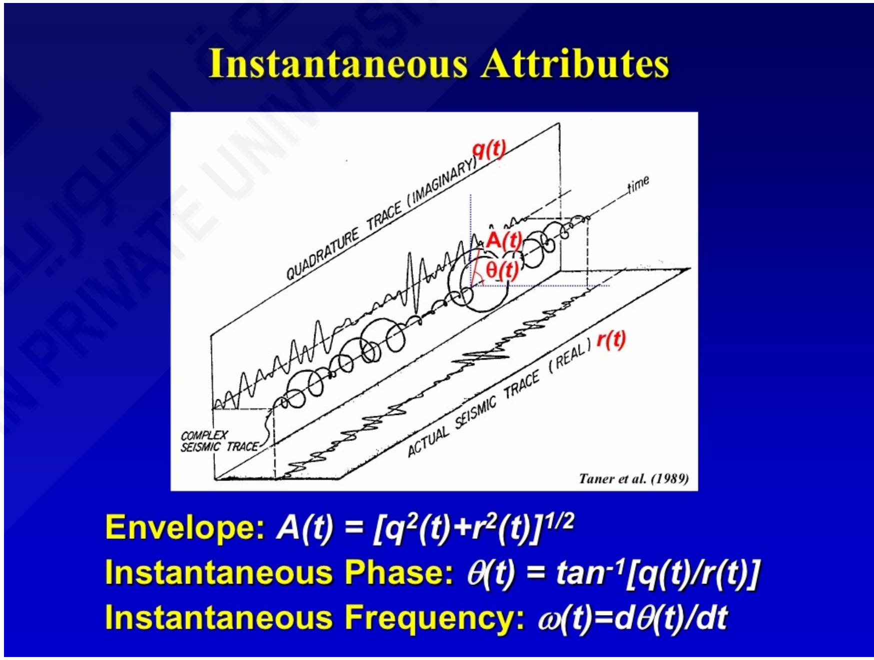
الشكل(٢):
(a) مقطع سيزمي عادي .
(b) مقطع طوري له.
لاحظ استمرارية العواكس والأحداث السيزمية على الشكل (b)



(a)



(b)



٦- تجيب الطور اللحظي Cosine of Instantaneous Phase C(t)

تجيب الطور اللحظي له المعادلة التالية: $C(t)=\cos(\phi(t))$

وغالبا مرتبط بالسعة و يعرض قاعدة الطبقات بشكل جيد. هذه السمة أكثر سلاسة (مصقولة) من الطور (التي تملك الانقطاعات) وتفيد بشكل آلي في تصنيف الإجراءات.

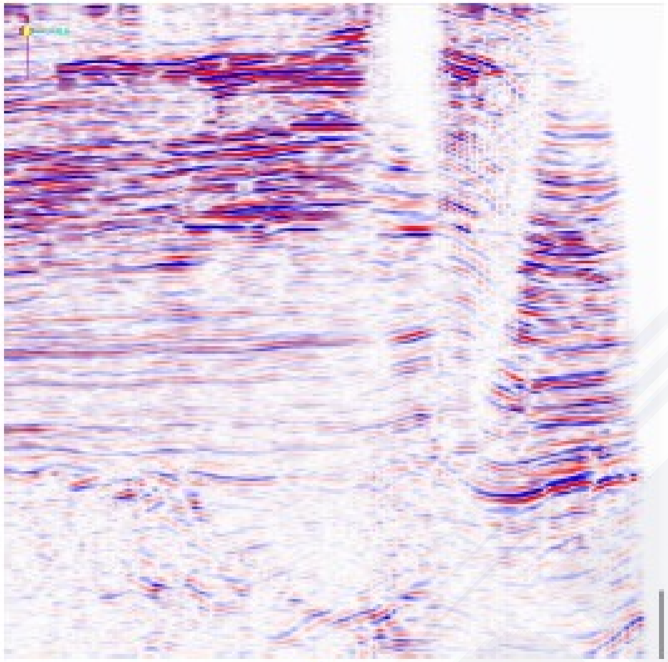
٧- التردد اللحظي Instantaneous Frequency

هو المشتق الزمني من الطور ، يعني نسبة تغير الطور : $F(t)=d(\phi(t))/dt$

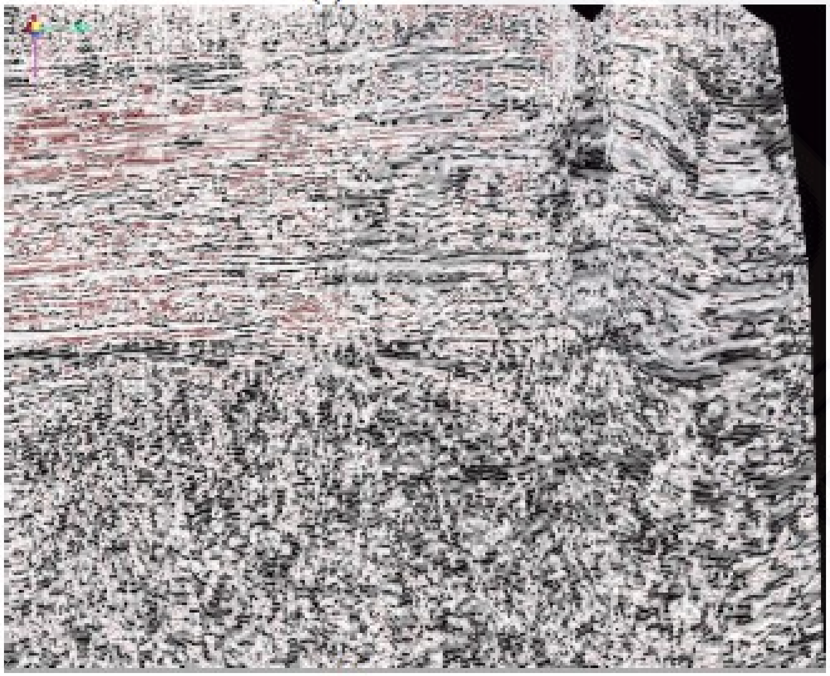
- الطور اللحظي يظهر السعة الوسطية للنبضة.
- الطور اللحظي يشير إلى سماكة الطبقات والعوامل الليتولوجية.
- يتوافق مع التردد الوسطي (عند المركز) لطيف السعة للنبضة السيزمية.
- تعالق الميزات أو المواصفات السيزمية.
- يشير إلى حافة الطبقات الرقيقة ذات الممانعة القليلة.
- مؤشر إلى الهيدروكربونات ذات الشواذ الترددية القليلة .
- يشير إلى الرمل الرخو المحتوي على نفط ضمن المسام.
- يشير إلى نطاق الفوالق والذي يظهر كنطاق تردد ضعيف .
- يشير إلى نطاق العواكس المشوشة.
- يشير إلى سماكة القاعة.حيث الترددات العالية تشير إلى التباين الحاد أو قاعدة طبقة الشل الرقيقة، والترددات المنخفضة تشير إلى قاعدة الرمل الغني.
- يشير إلى نسبة الرمل إلى الشل.

الشكل (٣):(a) مقطع سيزمي عادي.(b)المقطع السيزمي الترددي المماثل.المقطع الترددي يبين شواذ الترددات المنخفضة عند الأعماق القليلة والتي تشير إلى وجود الغاز قليل العمق.قارن بين هذا الشكل والشكل الأول(a)و(b).

الشكل (٣):
(a) مقطع سيزمي عادي .
(b) المقطع السيزمي الترددي المماثل.
المقطع الترددي يبين شواذ الترددات المنخفضة عند الأعماق القليلة والتي تشير إلى وجود الغاز قليل العمق.
قارن بين هذا الشكل والشكل الأول (a) و(b).



(a)



(b)

الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

٨- التسارع اللحظي **Instantaneous Acceleration AC(t)**

التسارع اللحظي هو المشتق الزمني للتردد اللحظي *AC(t)=d(F(t))/dt*

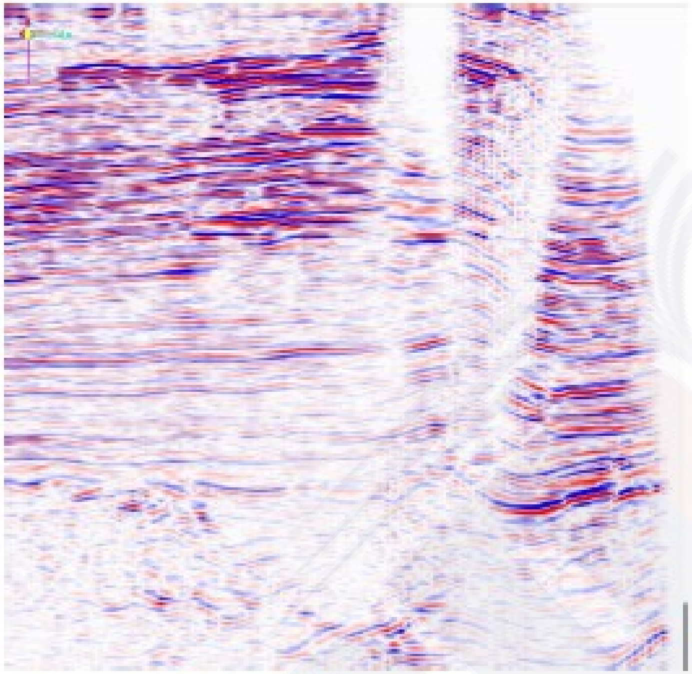
التسارع اللحظي يسلط الضوء على التغير في التردد اللحظي.

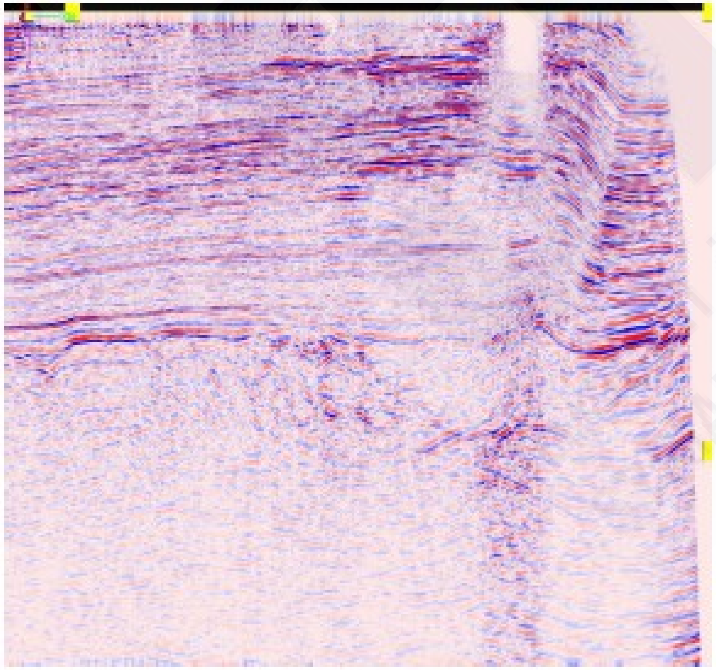
٩- مؤشر الطبقة الرقيقة Thin Bed Indicator

١٠- الحزمة العريضة اللحظية Instantaneous Bandwidth *B(t)*

١١- Q اللحظية Instantaneous Q

١٢- الممانعة الصوتي Relative Acoustic Impedance


(a)


(b)

الشكل ٤
(a) مقطع سيزمي عادي
(b) مقطع الممانعة الصوتية المماثل المطابق.

سمات قبل التكديس Pre-Stack Attributes

سرعة RMS للعواكس RMS velocities of reflectors

-منها تحليل سرعة تهجير الزمن، تأثير الممانعة الصوتية على الميل . ويستخدم لتقدير نسبة الرمل إلى الشل ،
-تحديد منطقة الضغط العالي اتجاه تغير الليتولوجيا الرئيس.
- مقطع سيزمي من الأمواج الطولية.
-مقطع سيزمي من الأمواج العرضية.
-تغير مغلف السعات مع المسافة.
- تغير التردد اللحظي مع المسافة.

السمات الهندسية Geometrical Attributes

هناك سمات ثلاثية الاتجاهات: **الميل ، السمت ، اتجاه التماسك الاعظمي**، هذه السمات تقيس العلاقات الجانبية للمعطيات. وتوصف كما يلي:
-**سمة الميل** او السعة للمعطيات المقابلة لحالات (لأحداث) الميل السيزمي. والميل مفيد لجعل الفوالق مميزة .
- من سمات **السمت** أن السعات تطابق السموت لاتجاه الميل الاعظمي.
مع ملاحظة إن السمت هو قيمة حقيقية صحيحة بالدرجات. و السمت يمكن أن يحسب اعتبارا من الشمال أو من اتجاه الخط السيزمي.
وكذلك ملاحظة إن الميل صحيح من خلال الأحجام العُمقية. الميل يظهر كعلاقة حجم، إذ دخلنا معطيات زمنية أو تهجير زمني.
المشتق من **سمات الاتجاه** يتم تنفيذه بأخذ عدة آثار معا مع أبعادها الحقيقية (الميل و السمت) لقاعدة العواكس.

الجامعة السورية الخاصة
SYRIAN PRIVATE UNIVERSITY

كلية هندسة البترول
Faculty of Petroleum Engineering

صفات الخزانات المتشققة

السنة الخامسة م ١١

الدكتور نضال شقير

2018 - 2017

السمات الهندسية Geometrical Attributes

هناك سمات ثلاثية الاتجاهات: **الميل ، السمت ، اتجاه التماسك الاعظمي**، هذه السمات تقيس العلاقات الجانبية للمعطيات. وتوصف كما يلي:

-**سمة الميل** او السعة للمعطيات المقابلة لحالات (لأحداث) الميل السيزمي. والميل مفيد لجعل الفوالق مميزة .

- من سمات **السمت** أن السعات تطابق السموت لاتجاه الميل الاعظمي.

مع ملاحظة إن السمت هو قيمة حقيقية صحيحة بالدرجات. و السمت يمكن أن يحسب اعتبارا من الشمال أو من اتجاه الخط السيزمي.

وكذلك ملاحظة إن الميل صحيح من خلال الأحجام العُمقية. الميل يظهر كعلاقة حجم، إذ دخلنا معطيات زمنية أو تهجير زمني.

المشتق من **سمات الاتجاه** يتم تنفيذه بأخذ عدة أثار معا مع أبعادها الحقيقية (الميل و السمت) لقاعدة العواكس.

اذاً السمات الهندسية بشكل عام يمكن إجمالها بما يلي:

١- الانقطاعات Discontinuity

الانقطاعات هي سمات هندسية وتقيس التغيرات الجانبية للمعطيات. وتقدر مقدار حالات الانقطاع مثل الفوالق والشقوق. قيمة السعة العالية لتلك السمة تماثل الانقطاعات في المعلومات، بينما قيمة السعات المنخفضة تماثل الميزات المستمرة. الانقطاعات تتغير بين الصفر والواحد حيث 0 استمرار 1 انقطاع .

وهذه السمات تفيد في فهم ما يلي:

- التماسك في اتجاه التماسك الاعظمي.
- اتجاه التماسك الاصغري.
- اختيار العواكس.
- مناطق توازي قواعد الطبقات.
- مناطق غير عاكسة.
- عدم التوافق.
- حالات النهايات.
- اتجاه الفوالق.
- مناطق الطبقات المشوشة.
- أنماط الطبقات المتباعدة والمتقاربة.

٢- تحليل الطيف (Spectral decomposition)

٣- مقدار الميل وسمت الميل (Dip-Magnitude and Dip-Azimuth)

٤- التماسك (Coherence)

٥- الانحناء (Curvature)

٦- التشابه

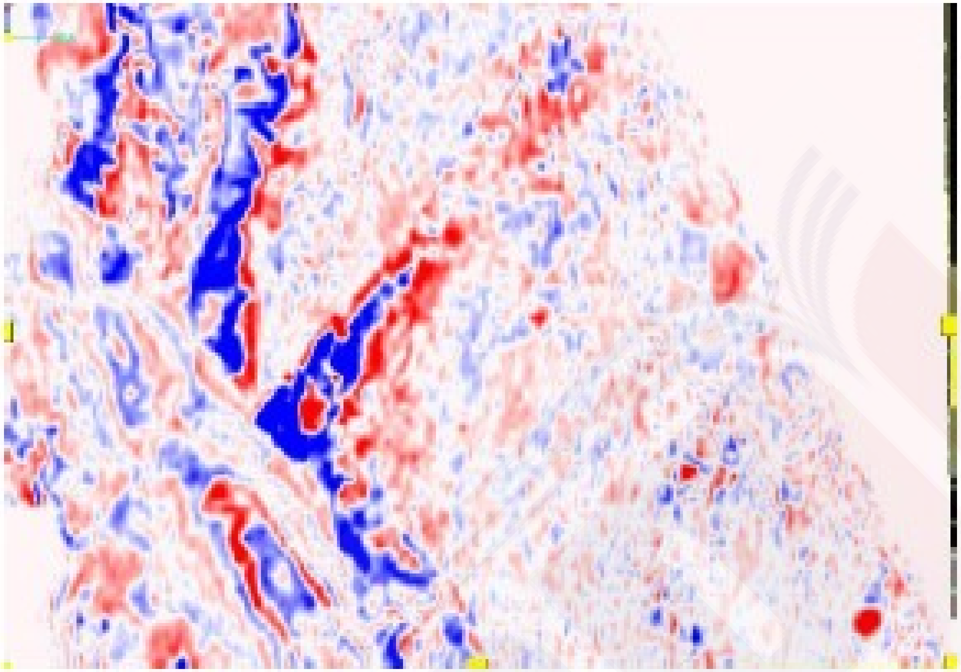
٧- التباين

الشكل ٥

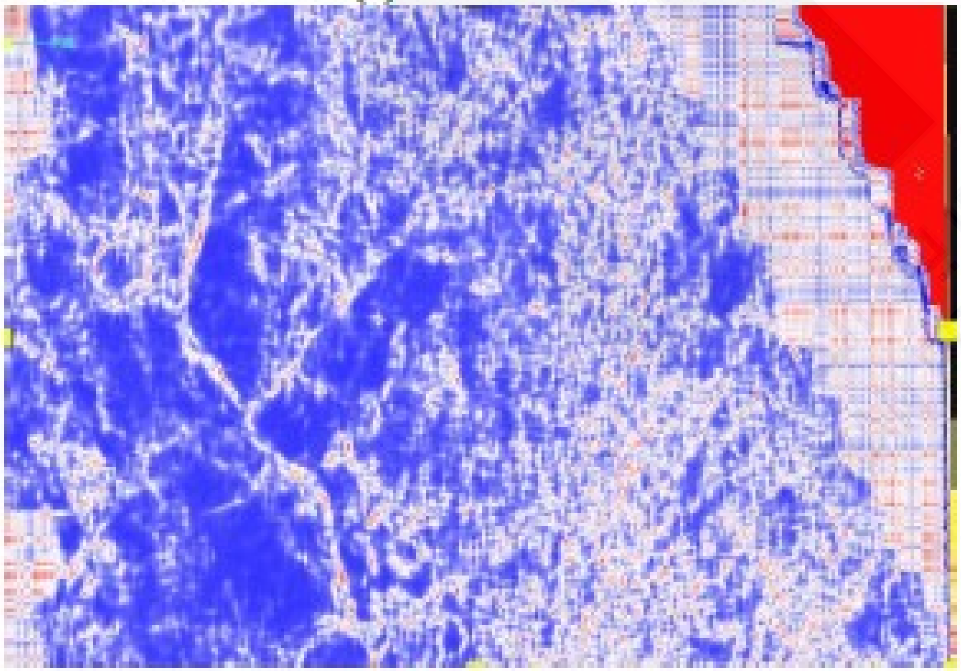
(a): شريحة زمنية

(b) شريحة الانقطاعات الزمنية المطابقة.

لاحظ عناصر التركيب تشبه الفوالق بينما جلبت من خارج الشريحة الزمنية للانقطاعات .



(a)



(b)

السمات السيزمية لتحديد مواصفات الشقوق

من بين الكثير من التقنيات الجيوفيزيائية المتاحة لوصف وتحديد الشقوق لدينا السمات السيزمية ثلاثية الأبعاد (3D seismic attributes) التي اثبتت أنها الأكثر فائدة والأفضل. واحدة من نقاط قوة السيزمك ثلاثي الأبعاد هي كثافة أخذ المعلومات والعينات بانتظام فوق المنطقة المطلوبة، حيث توفر الصورة بتركيز ودقة على مدى تلك الميزات.

عندما تتغير السعة السيزمية المرتبطة بالميزات المفيدة غير الملحوظة على المقطع الشاقولي أو الآفاق الزمنية، أو الشرائح الأفقية غالبا ما تخضع إلى أنماط مميزة يمكن التعرف عليها بسهولة.

من بين السمات السيزمية القيّمة (النافعة) تلك المتعلقة بحساسية مقاومة الخزان، السماكات، والجيومورفولوجيا. وهناك **المئات من السمات السيزمية المستخدمة** هذه الأيام منها السمات بعد التكديس و سمات مقدار الميل وسمت الميل والتماسك وتستخدم هذه السمات لتحديد الشقوق منذ فترة. نعرض مثالا لاستخدام تلك السمات التي تطورت مؤخرا مثل سمات الانحناء الحجمي عند رسم خرائط الخزان لشقوق وفوالق بحر الشمال.

سمات عدم الاستمرارية (Discontinuity Attributes) :

مقدار الميل وسمت الميل (Dip-Magnitude and Dip-Azimuth)

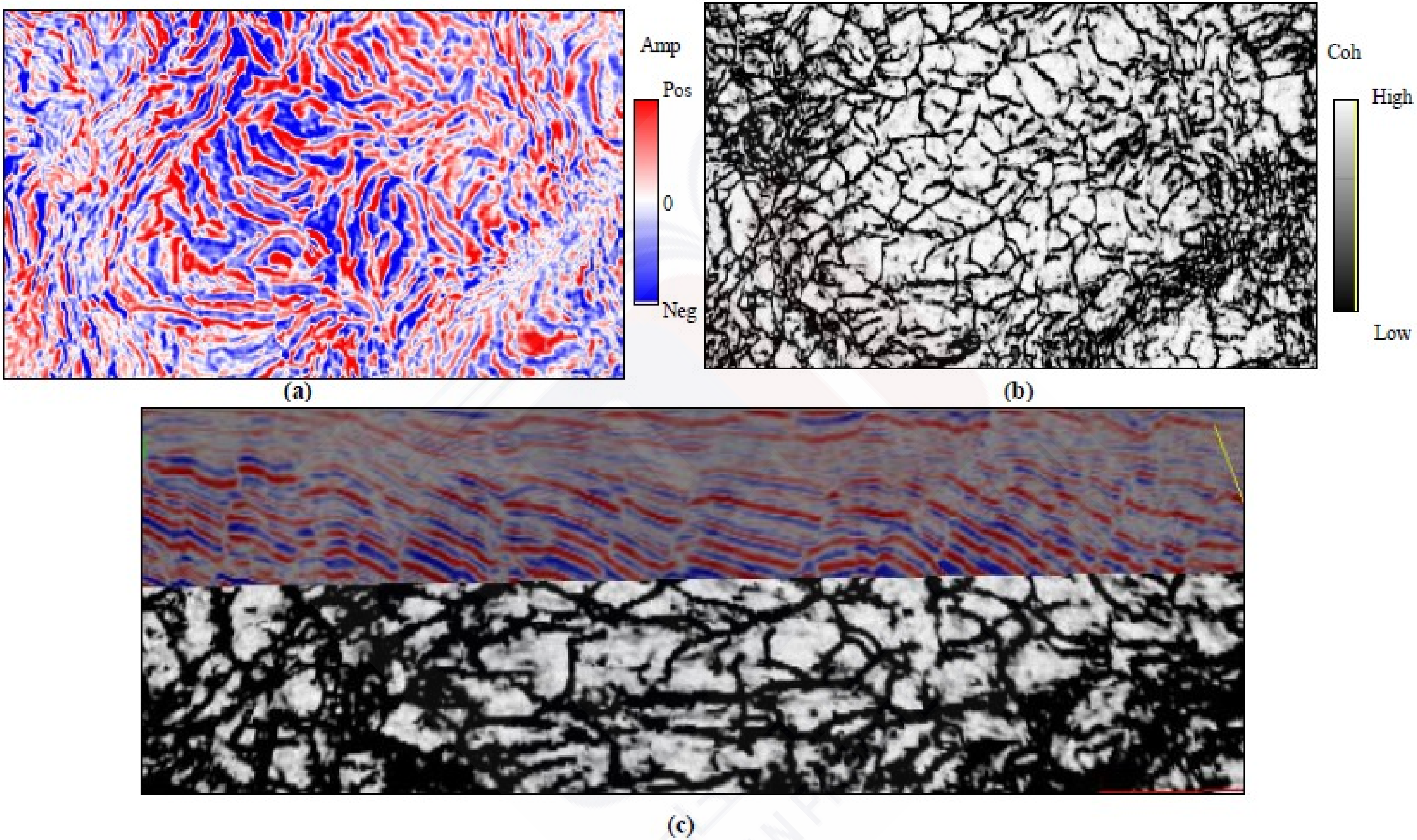
منذ ١٩٩١ لاحظوا بعض المهتمين كيف تم حساب ورسم خرائط مقدار الميل وسمت الميل من انقطاعات العواكس أو الأفاق التي تمثل الفوالق عند الإزاحات الكبيرة واقل من عرض الموجة (النبضة).

التماسك (Coherence):

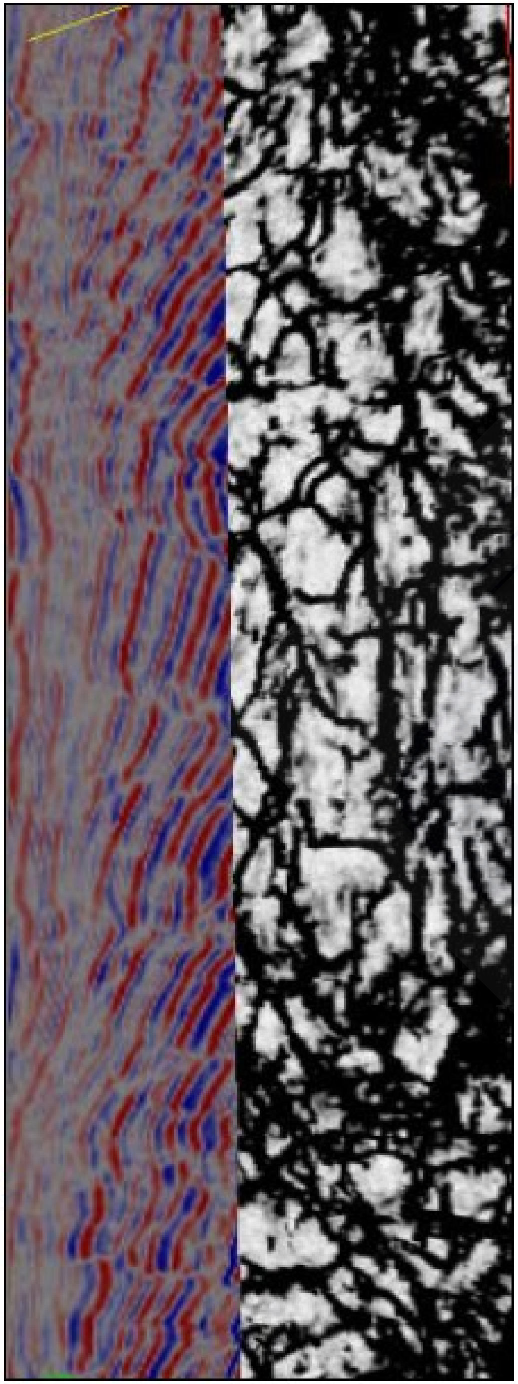
يتم من خلال مقارنة شكل الموجة السيزمية باستخدام التعالق العرضي والمظهر وشكل البنية على طول الميل و السمت للعواكس السيزمية.

شكل التماسك يكشف بوضوح الدلتات المدفونة، أقنية الأودية، الشعب المرجانية وميزات نزح المياه.

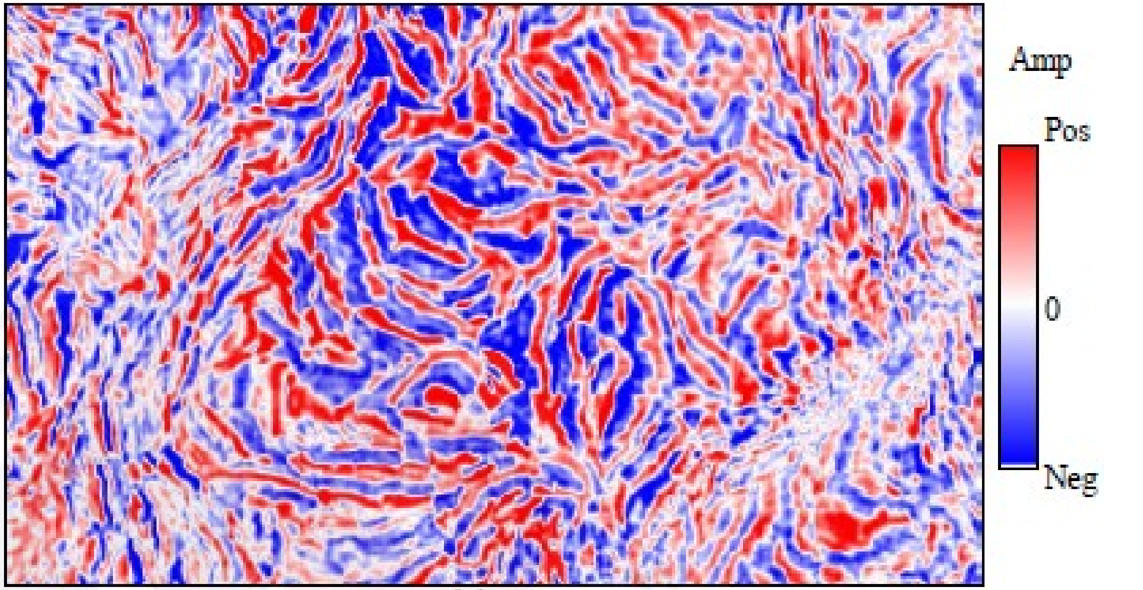
الشكل١ a وb مقارنة بين شريحة سيزمية زمنية عند الزمن t=124 ms مع ما يعادلها من شريحة تماسك.حجم التماسك يتم توليده (تخليقه) باستخدام تعديل لوغاريتمات التحلل الذاتي (التفسخ) والتي تلعب دور قوي وعنيف في تبدل تركيب البنية من خلال حساب التماسك.



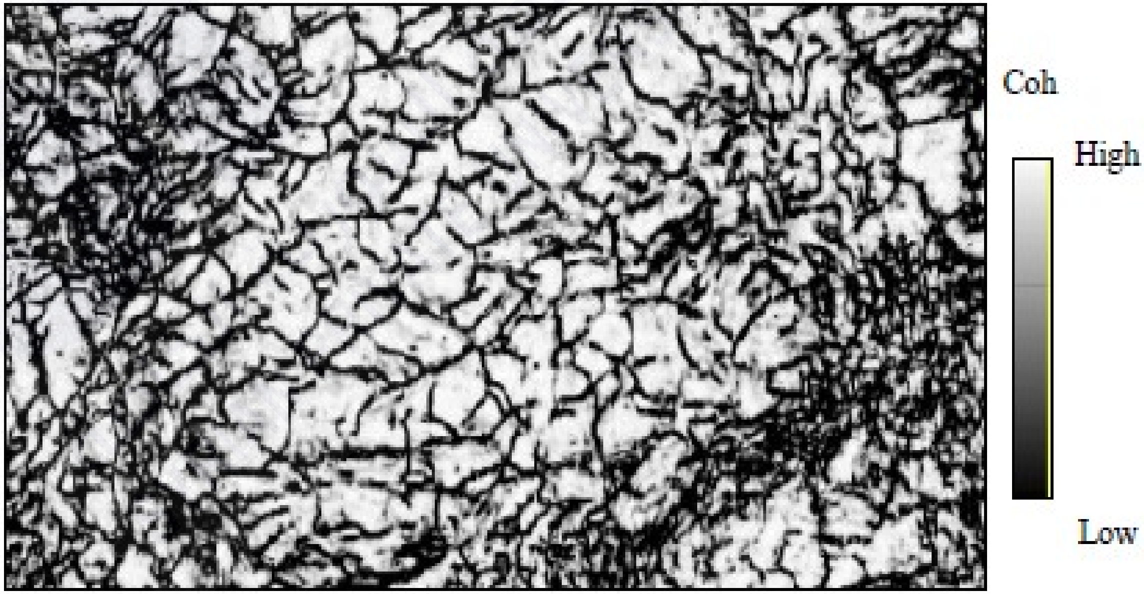
الشكل(١) شرائح زمنية عند الزمن t=1240 ms من خلال(a) الحجم السيزمي لبحر الشمال (b) شرائح التماسك وُلِدَت باستخدام تعديل خوارزميات التحلل الذاتي من خلال اتجاه الميل العام(أو الميول) الواضح والقوي. مع ملاحظة أن التصور الصحيح لنمط الفوالق الواضح من شرائح التماسك الشكل (b)، والتي من الصعب تحديده على السيزمية. (c) يبين إظهار تقاطع نمط الفوالق من شرائح التماسك مع المقطع السيزمي الشاقولي (أعلى). وهذا يساعد على ربط كسور الفوالق مع الإشارات السيزمية لها.



(c)



(a)



(b)

الانحناء (Curvature):

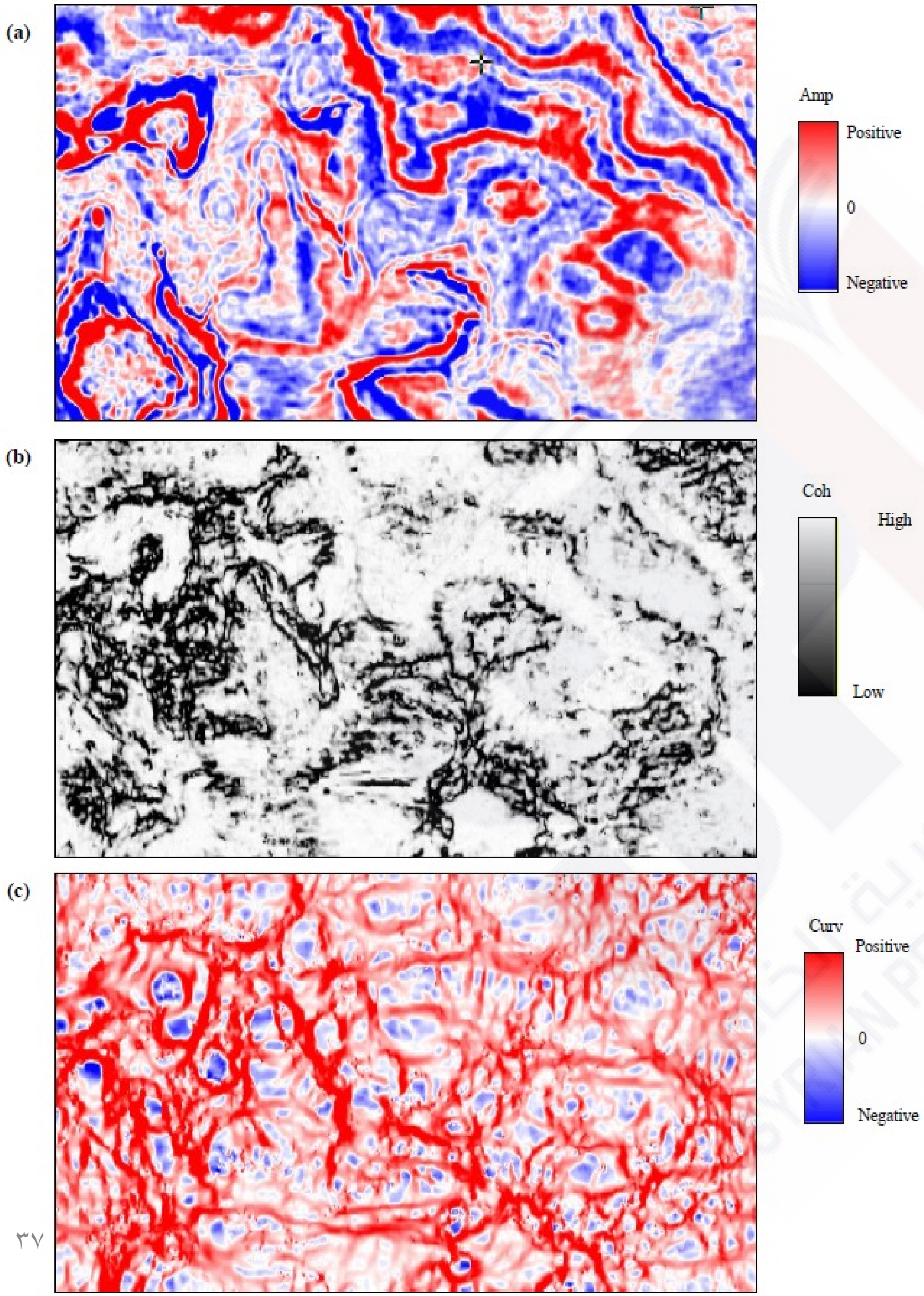
بالنسبة لظاهرة الانحناء حيث يمكن قياس العديد منها ولكن الأكثر فائدة هي تلك الانحناءات الموجبة جداً والسالبة جداً والتي ترتبط بالبنية الجيولوجية.

يمثل الشكل ٢: مقارنة بين الشرائح الزمنية عند الزمن t=2104 ms، السيزمية(a) والتماسك (b) والانحناءات الموجبة جداً (c).

الخلاصة :السمات السيزمية مفيدة جداً لتصنيف الفوالق والشقوق وخاصة باستخدام المسح السيزمي ثلاثي الأبعاد. خرائط مقدار الميل و سمت الميل مفيدة جداً للتحديد الدقيق للإزاحات التي لم يتم تحديدها بمساعدة السعات السيزمية.

سمات او ميزات الانحناء أصبحت من مشتقات ميل العواكس وسمتها. عدا عن ذلك تسليط الضوء على تلك التفاصيل و تنفيذ إجراءات جديدة لمعالجة المعطيات وتفسيرات مرفقة وضع تصور حجمي عند أطوال أمواج مختلفة وترددات متغيرة.

تعديل خوارزمية التحلل الذاتي للتماسك ليست معدة أو مصممة لتتحسس الميل. ولكنها توفر خرائط تغيرات شكل الأمواج جانبيا. رياضيا تصور التماسك والانحناء غالبا مقرون بالوضع الجيولوجي التحت سطحي و بشكل مستقل.



الشكل ٢ شرائح سيزمية زمنية عند الزمن t=2104 ms من خلال:

(a) سيزميك

(b) تماسك

(c) انحناءات الأحجام الموجبة جدا.

مع ملاحظة أن:

- التماسك عُرض كميزة منطقة (بيضاء) عالية التماسك،
- الانحناءات الأكثر ايجابية حددت الانثناءات في هذه المنطقة باتجاه N-S.
- كذلك مع ملاحظة انه من خلال التقدم بالاتجاه E-W الانثناءات موجودة في الجزء الجنوبي من المسح.

أسلوب متكامل لتحديد وتصوير الفوالق والشقوق باستخدام سمات الميل والانحناء

الفوالق والشقوق هي من المكونات الهامة التي تعطي معلومات عن التراكيب، كما أن رسم وتخطيط تلك الفوالق والشقوق تعطي معلومات قيمة عن حركة السائل ضمن الخزان.
تزودنا السمات السيزمية غالبا طريق سريع لتصور اتجاهات الفوالق والشقوق، والتي هي غير مرئية أو واضحة من خلال معلومات السعات السيزمية. مجموعة المعلومات للسمات السيزمية المختلفة تستخدم لهندسة تشكل الفوالق والشقوق وبالتالي لتحديد المواقع الأمثل لحفر الآبار.
تحديد الفوالق والشقوق يتم إظهاره هنا باستخدام طريقة سير العمل الأمثل. الهدف الرئيس هو تحديد اتجاهات الفوالق والشقوق في منطقة الدراسة، في هذه الحالة **أدرجت ثلاث عناصر مفتاحيه:**
العنصر الأول: حالة المعلومات المعطاة، يمكن أن نطبق عليها مصفيات مختلفة في منحى التركيب، وذلك لتحسين نوعية الصورة وإظهارها ولتخفيف الضجيج أو التشويش غير المؤكد. حيث معلومات الفوالق والشقوق المستمدة من سمات الإشارة السيزمية أنها غير دقيقة.
العنصر الثاني: مجموعة من السمات المختلفة من المعطيات السيزمية المستمدة لتحديد هندسية الفوالق والشقوق على طول المناطق المخلعة.
العنصر الثالث: مناقشة ومقارنة مدخلات مجموعة من السمات السيزمية الممكن تطبيقها على معطيات الموقع المعززة.

إذا الفوالق والشقوق الطبيعية لها تأثير هام على معطائية الخزان ولها تأثير وفعالية على الإنتاجية والكفاءة. لهذا السبب تصنيف ووصف مناطق الشقوق والفوالق ضمن الخزان تأتي من بين العمليات الهامة في اغلب الاستكشافات السيزمية.

الشق يحدث على أكثر القياسات السيزمية ولكن اغلبها تكون تحت المَيّز السيزمي" أي لا يمكن تميزها بالقياسات السيزمية المباشرة" وهذه ليس من السهل إظهارها على التسجيل السيزمي العادي. رغم أن وجود الشقوق يأتي تحت قدرة التمييز السيزمي، فالكشف عن وجود الشقوق يمكن جلبة من خارج استخدام الميزات العادية واستخدام سمات مختلفة.

السمات السيزمية مبنية على مبدأ الانقطاع التي تعتبر أدوات مفيدة تزودنا لوصف الفوالق والشقوق.

الميل والانحناء هما سمتان هامتان يمكن استخدامهما لاستخراج معلومات عن الفوالق والشقوق من المعطيات السيزمية.

إن دقة ونوعية السمات السيزمية متناسبة مباشرة مع نسبة الإشارة المفيدة إلى الضجيج للمعطيات السيزمية. هذه المبررات لحالة المعطيات هي لتعزيز رؤية الفوالق والشقوق ضمنها، من ناحية أخرى حالة المعطيات يمكن معالجتها لتعزيز انقطاعات الشقوق، وتعطى هذه السمات من المعطيات المعالجة استنتاجات واستخراج أفضل لهندسة الفوالق والشقوق. من الأهداف إلقاء الضوء على هندسية ومواقع الشقوق والفوالق الرئيسية والثانوية باستخدام مختلف السمات السيزمية الممكن تطبيقها على المعطيات السيزمية المتوفرة.

هنا سيكون تحليل السمات الهندسية مثل **الانحناء** و**التشابه** و**الميل** لتحديد الفوالق والشقوق

الطريقة والمعطيات

المعطيات المطلوبة للدراسة هي حجم سيرمي زمني مهجر قبل التكديس ثلاثي الأبعاد
3D Pre Stack Time Migrated Data volume (PSTM)مثال ذلك حوض Cambayالأسفل فيTarapur.
عدد من الآبار حفرت في تلك المنطقة في الاتجاه الأعلى للميل على أجنحة الطيات على كتل فوالق مختلفة.
من المعروف أن وجود الفوالق هو مسيطر على انحباسات الهيدروكربونات وبالتالي التحديد الدقيق للفوالق والشقوق هام لتطوير استكشاف الحقل.
الضجيج أو التشويش يشوه الصورة ويجعل مهمة تحديد الميزات الجيولوجية والتفسير صعبة. عند ذلك يمكن استخدام مصفيات إضافية لتحسين الفوالق لمجموعة المعطيات، ومقارنة دراسة سمات الميل والانحناء لتلك الحالات وان تحسين معطيات مصفيات الفالق تظهر على الشرائح الأفقية.

حالة المعطيات

السمات السيزمية يمكن توفر التفاصيل الضرورية من المعطيات السيزمية، لكن وجود الضجيج على المعطيات غالبا ما يشوه الخرج. لحذف الضجيج بشكل نموذجي يجب تكييف المعطيات على مرحلتين:
المرحلة الأولى حجم الميل يجب أن يتم باستخدام تحويلات فوريه مبني على لوغاريتمات باتجاهات على طول الخطوط المسح وعمودي عليها، ولكل نقطة من المعلومات وكل معلومة قادمة من معلومات السعة السيزمية. حجم الميل هذا يستخدم كذلك كمرجع، كما ويمكن تطبيق المصفي الوسطي على المعطيات السيزمية المرتبطة بحجم الميل المحضر.
وهذا يقلل من عشوائية اتجاه التراكيب، ويقلل من تماسك الضجيج ويزيد من الاستمرارية ووضوح الفوالق والشقوق و حديتها والحفاظ بنفس الوقت على النهايات الحدية.

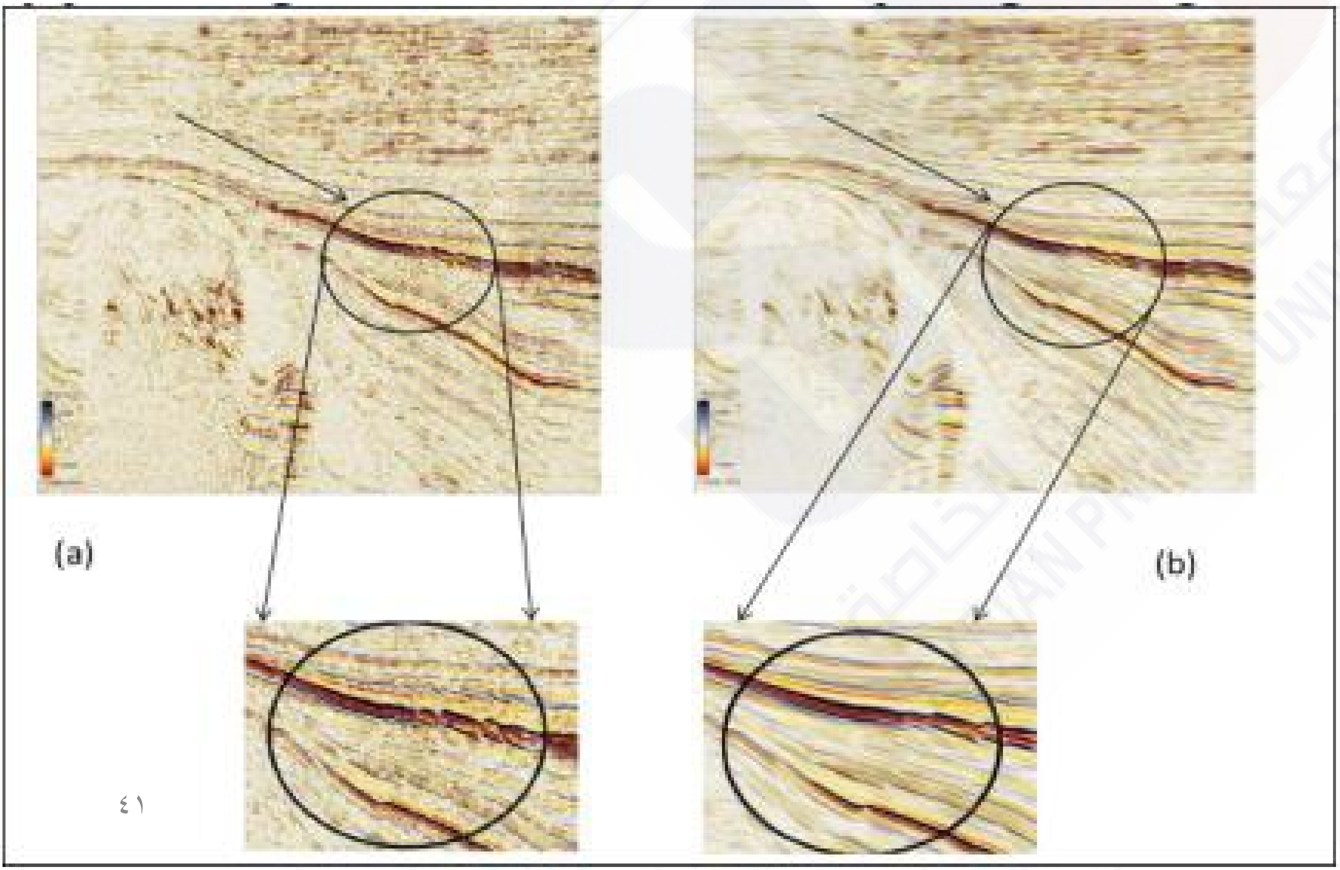
الشكل ٢ يبين مقطع سيزمي خطي قبل وبعد تطبيق المصفي الوسطي لتوجيه الميل (DSMF).
(DSMF)Dip Steered Median Filter

Figure 2 Comparison of
(a) initial and
(b) **dip steered median filter (DSMF) data**.

الشكل ٢ يبين مقطع سيزمي خطي قبل وبعد تطبيق المصفي الوسطي لتوجيه الميل (DSMF)

Dip Steered Median Filter (DSMF)

Fault Enhanced Seismic (FES)



لاستخراج اتجاهات الفوالق والشقوق ، المعلومات يجب أن تعالج مرة ثانية ضمن العائدية وبالخطوات الأولية باستخدام المصفي الوسطي لتوجيه الميل (DSMF) ويتبعها مباشرة تكرار باستخدام مصفي تعريف توجيه الميل ومصفي وسطي لتوجيه الميل مع التوجيه من خلال مكعب شبيه. إن النتائج هي تحسين الخلل السيزمي للمعطيات باستخدام **Fault (FES) Enhanced Seismic** مع الحفاظ على الميزات الخطية والنهايات الحدية.

الشكل٣ الذي يبين التطبيق والمقارنة لمصفي تحسين الخلل مع المصفي الوسطي للمعطيات. ووضوح المنطقة المطلوبة.

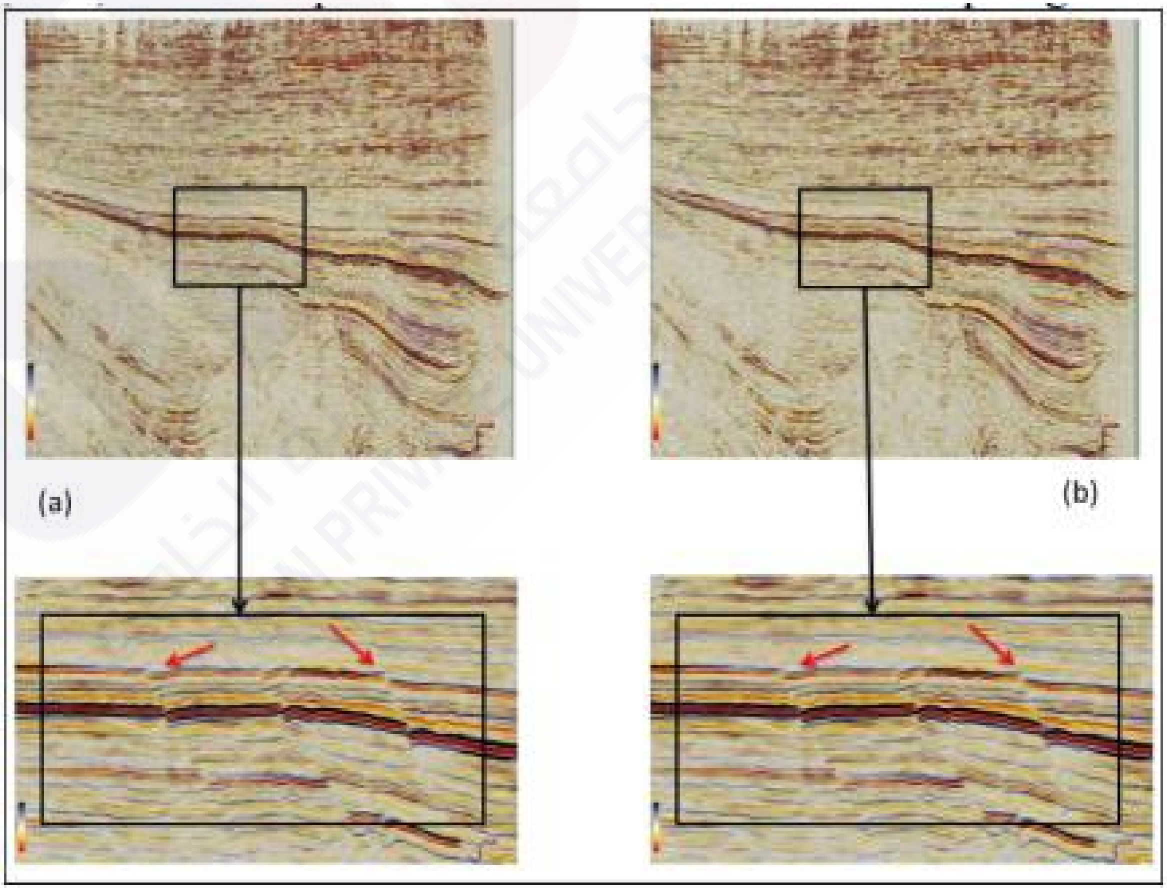


Figure 3 Comparison of (a) DSMF and (b) FES data. Arrows in highlighted area shows the sharpening of faults in FES data

الشكل٣ يبين التطبيق والمقارنة مصفي تحسين الخلل مع المصفي الوسطي للمعطيات . ووضوح المنطقة المطلوبة.

تابع السمات السيزمية

حاليا السمات السيزمية هي جزء متكامل من عملية مشروع التفسير السيزمي. تحديد الفوالق يمكن أن يكون بمتابعة الانقطاعات والانحناءات التي هي أساس السمات.

وبين السمات السيزمية المختلفة هناك **سمة التشابه وسمة التباين** و **سمات الميل والانحناءات الأكثر ايجابية** و **الانحناءات الأكثر سلبية**. وهي جميعها تؤدي إلى التحديد الناجح للفوالق والشقوق.

سمات الانقطاع السيزمية تقيس التشابه لنقاط خاصة مع جوارها.

التماسك والتباين أو التشابه كلها تؤدي لقياس التشابه بين الآثار المتجاورة.

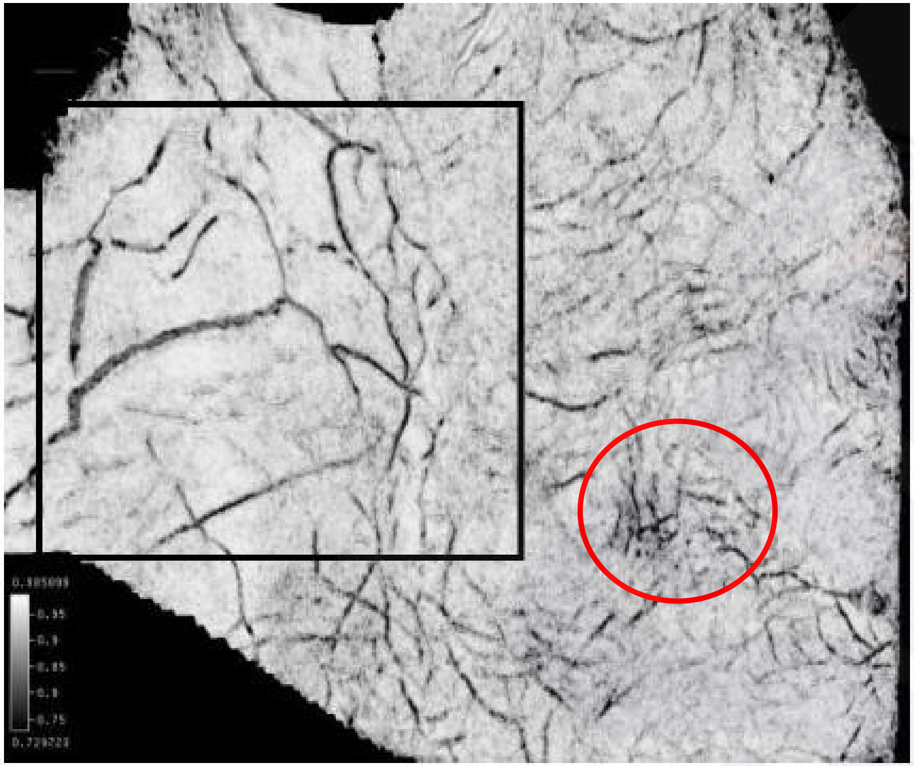
سمات الانحناء تقيس إنحاء السطح لنقاط خاصة معينة.

التشابه

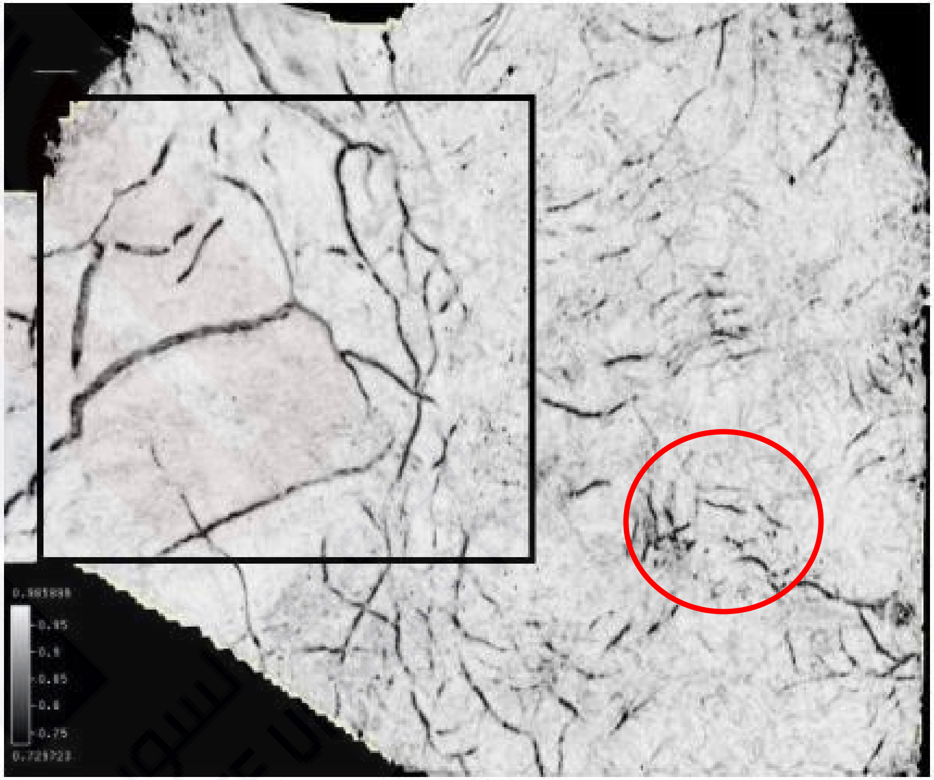
التشابه هي سمة التماسك تعبر عن الحساسية العالية لانقطاع في المعلومات. كسمة الاتجاه التي هي غالبا حساسة للضجيج وهي ضرورية لتقليل الضجيج ولتعزيز نوعية المعطيات السيزمية قبل حساب السمات.

لدراسة الانقطاعات بسمات التشابه فان المعلومات السيزمية ثلاثية الأبعاد للتشابه تُخلق من المعطيات السيزمية النظيفة أي بعد تعزيز النوعية السيزمية الجيدة باستخدام طرائق توجيه مختلفة.

الشكل ٤ مقارنة بين سمة التشابه على شريحة أفقية والتي تبين بشكل واضح تفوق مصفي تحسين الفوالق على المصفي الوسطي. المنطقة المضاءة باستخدام المربع تبين حجم الفوالق بوضوح باستخدام FES.



(a)

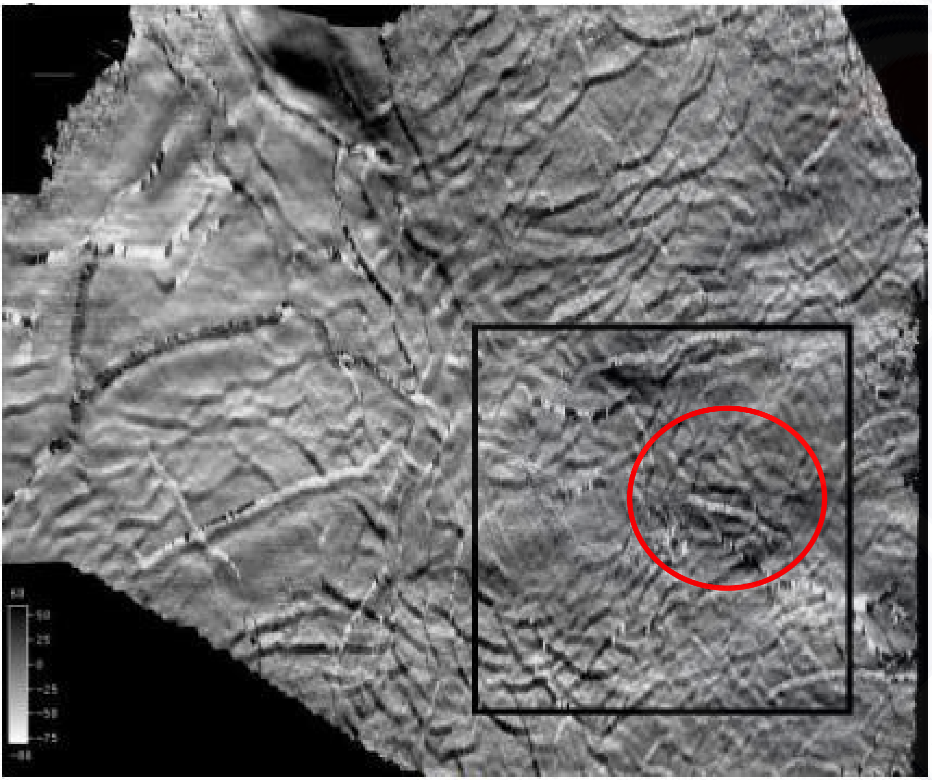


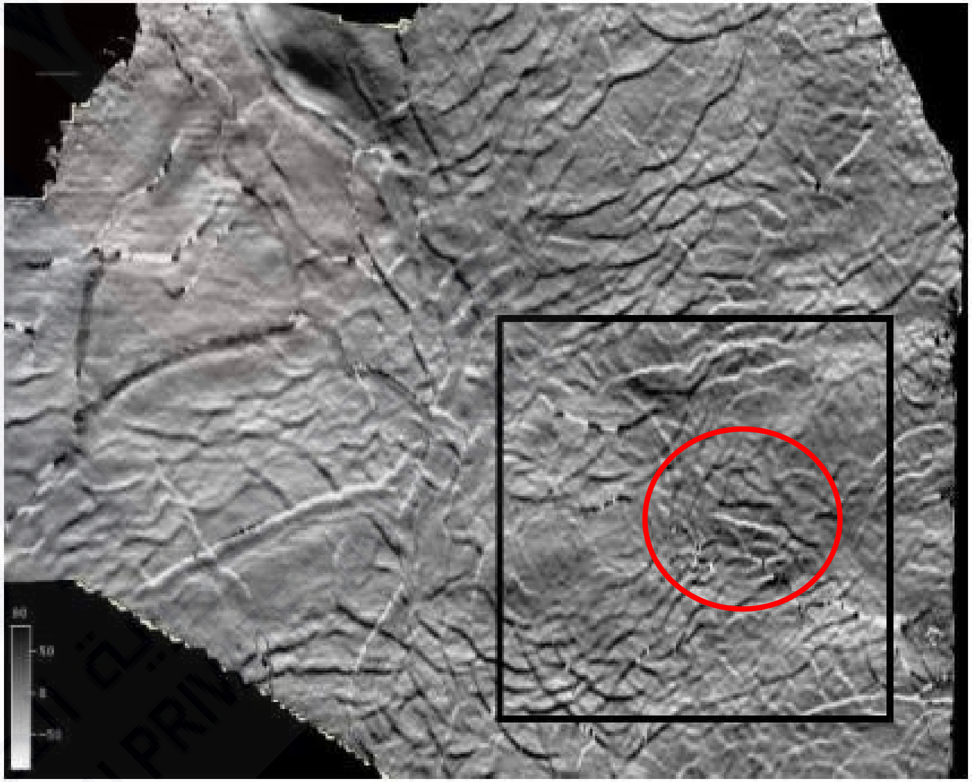
(b)

الشكل ٤ خريطة التشابه الصغرى باستخدام (a) المصفي DSMF (b) باستخدام مصفي FES للمعطيات.
و المقارنة بين سمة التشابه على شريحة أفقية التي تعرض بشكل واضح تفوق مصفي تحسين الفوالق (FES)على المصفي الوسطي (DSMF).
لاحظ المنطقة المضاءة باستخدام المربع على الشريحتين، التشابه باستخدام مصفي تحسين الفوالق الذي يبين الأفضلية بتحديد الفوالق والشقوق الشكل (b).

سمات الميل

الميل هي سمة الاتجاه التي تقيس شكل العاكس. من سمات الميل يمكن أن تستخدم شبكة الفوالق والشقوق .
كما يمكن تصنيف الميل السيزمي إلى مركبات الميل الخطية والمتقاطعة. والميل المتقاطع يمكن أن يقسم إلى سمت الميل وميل القطبية . كما في الأشكال من 5 حتى 8.

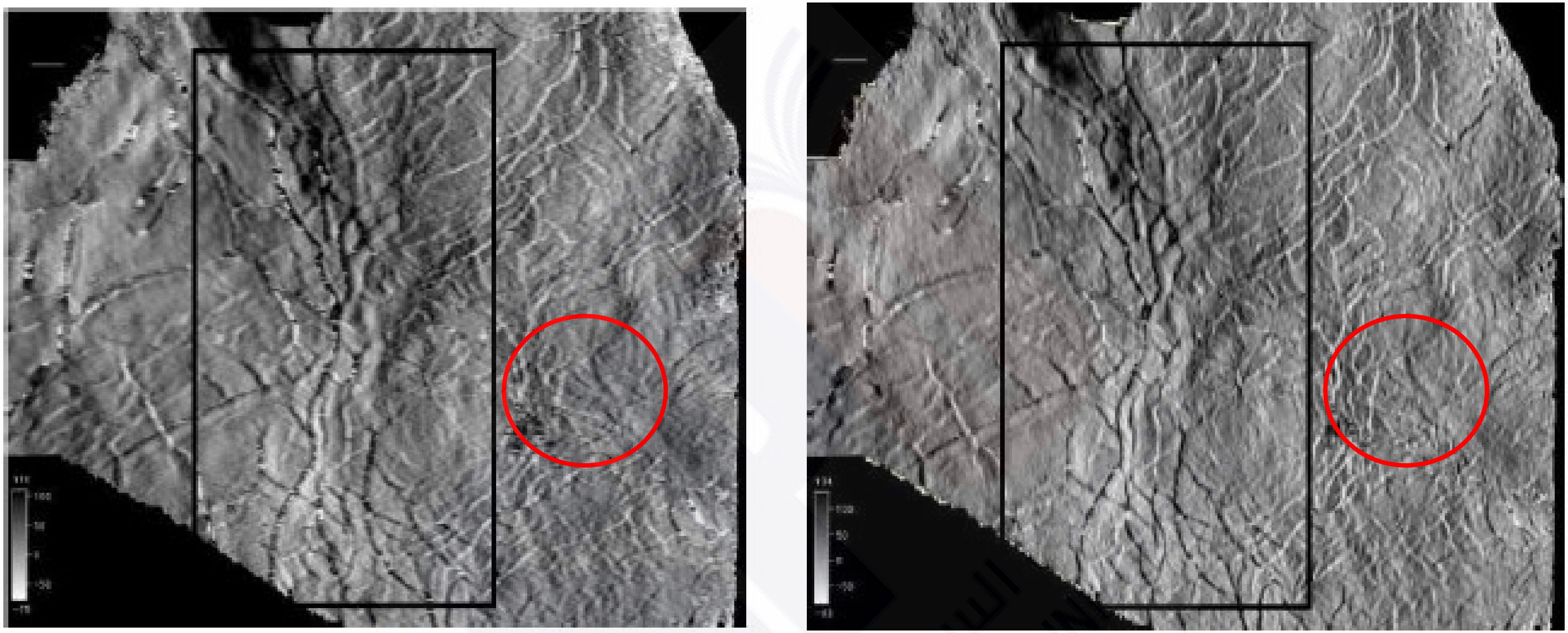

(a)


(b)

الشكل (٥) سمات الميل على طول خط المسح السيزمي (الخطية).
(a) باستخدام DSMF .
(b) باستخدام FES .
لاحظ أن شبكة الفوالق والشقوق واضحة جدا على الشكل (b).

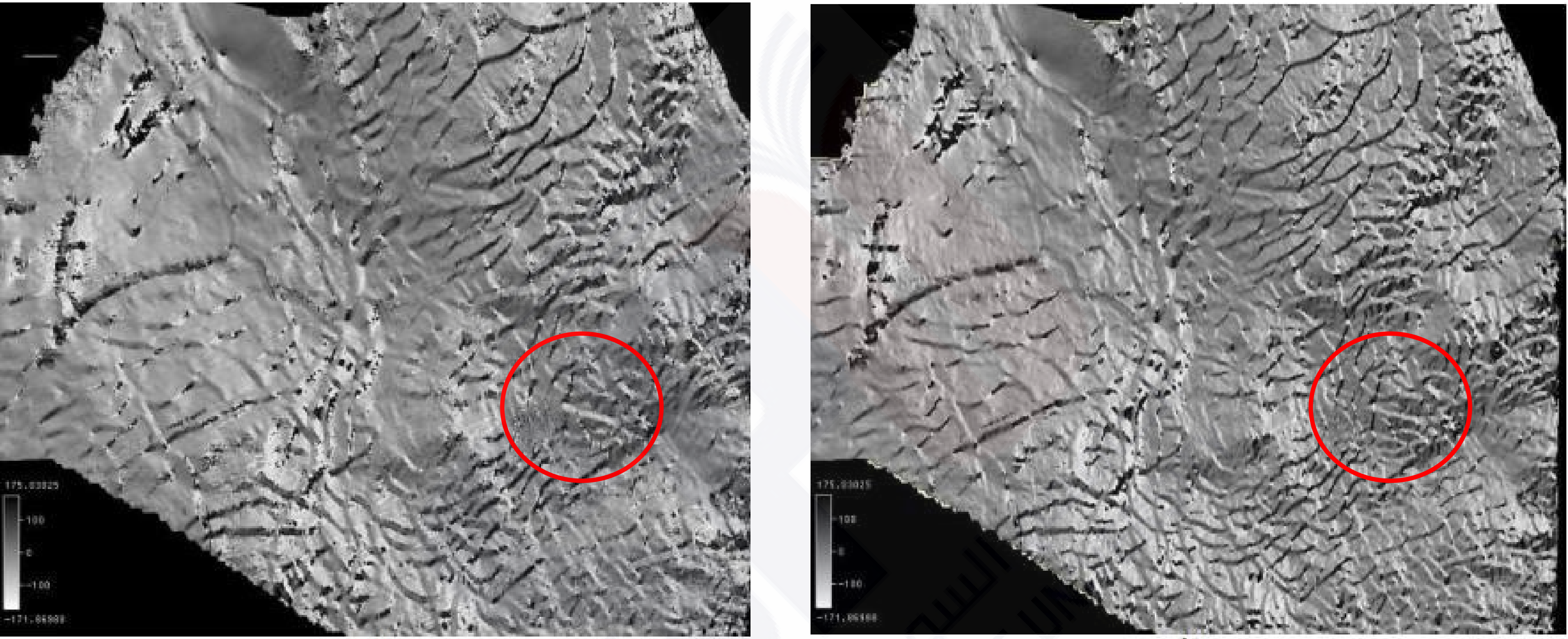
Dip Steered Median Filter (DSMF)

Fault Enhanced Seismic (FES)



(a) (b)

الشكل (٦) سمات الميل بشكل متعامد على خطوط المسح السيزمي (المتقاطعة) .
(a) باستخدام DSMF .
(b) باستخدام FES .
الفوالق على طول اتجاه التقاطعات (الشاقولية) باستخدام FES يبين الفوالق الرئيسية والثانوية الشكل (b).



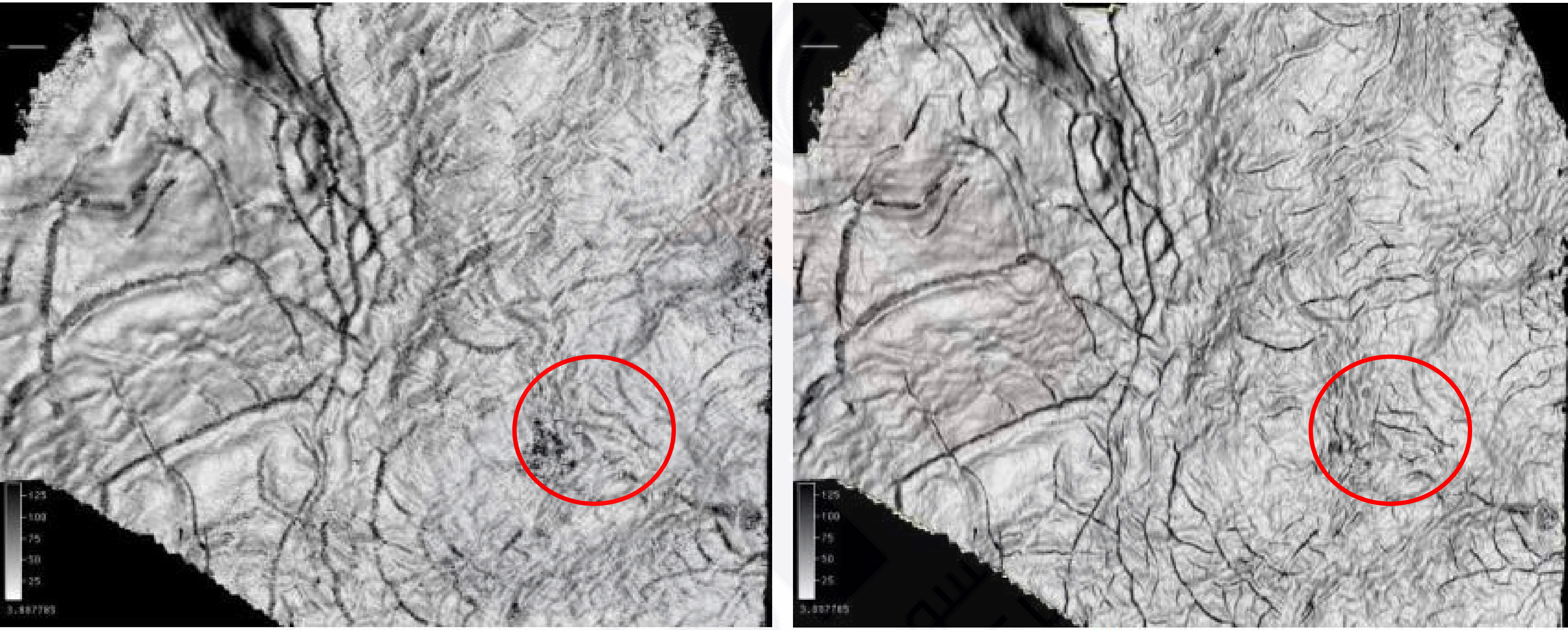
(a) (b)

الشكل (٧) استخدام سمة السمت.

(a) باستخدام DSMF .

(b) باستخدام FES .

السموت المستمدة أو المشتقة من معطيات FES تبين بوضوح معلومات عن الفوالق والشقوق الشكل (b).



(a) (b)

الشكل (٨) سمات ميل القطب .

(a) باستخدام DSMF .

(b) باستخدام FES .

سمة ميل القطب باستخدام FES تبين مدى وضوح شبكة الفوالق والشقوق ومدى حجمها الشكل (b).

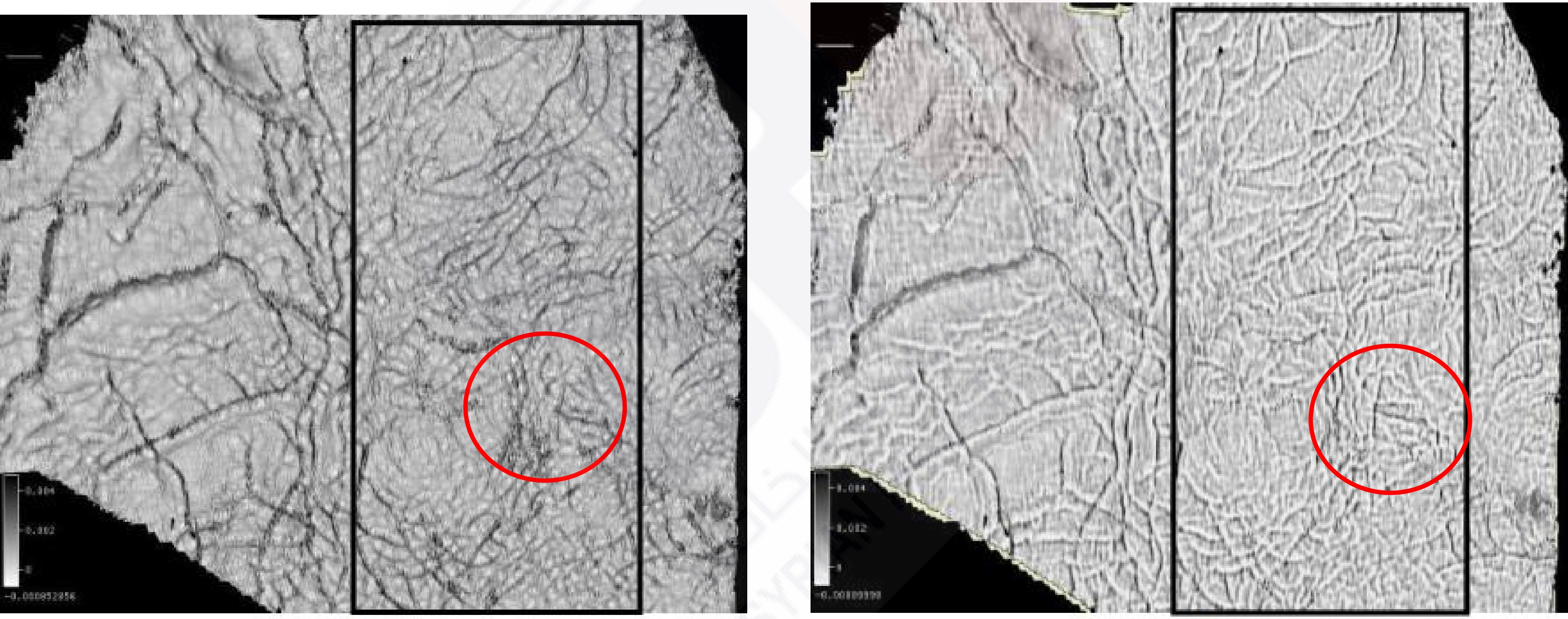
سمات الانحناء

سمات الانحناء تؤدي إلى تحسين هام للمعلومات المشتقة من السمات السيزمية الأكثر استخداما .البنية الجيولوجية غالبا توصف بالانحناء والتي تتمثل بإنثناءات السطوح والطيات وبعض أنواع الفوالق والشقوق والخ..

من بين كل سمات الانحناء إن أكثر الانحناءات الموجبة والسالبة هي التي تدل مؤكدة على الفوالق والشقوق.

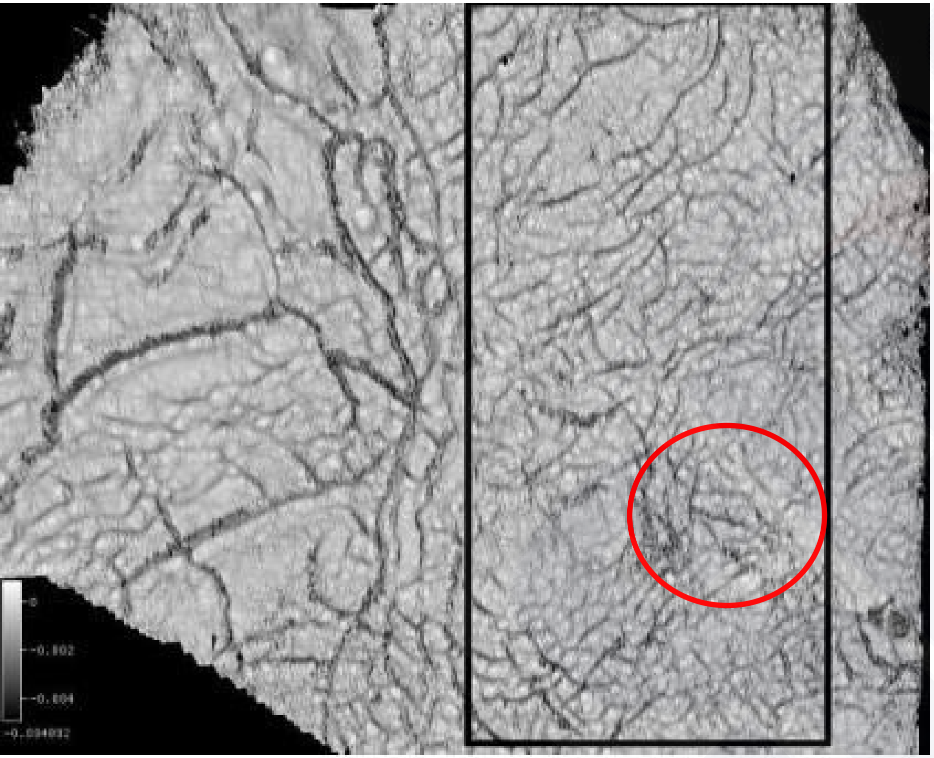
الشكل ٩ بين مقارنة بين الانحناءات الأكثر ايجابية باستخدام DSMFو FES. والتي نلاحظ عليها الشقوق والبارزة أكثر على السمات باستخدام معلومات FES بالمقارنة مع معلومات DSMF.

مصفي الوسطي لتوجيه الميل DSMF للمعلومات تم تحضيرها من معلومات FES الأشكال (9b,10b,11b)

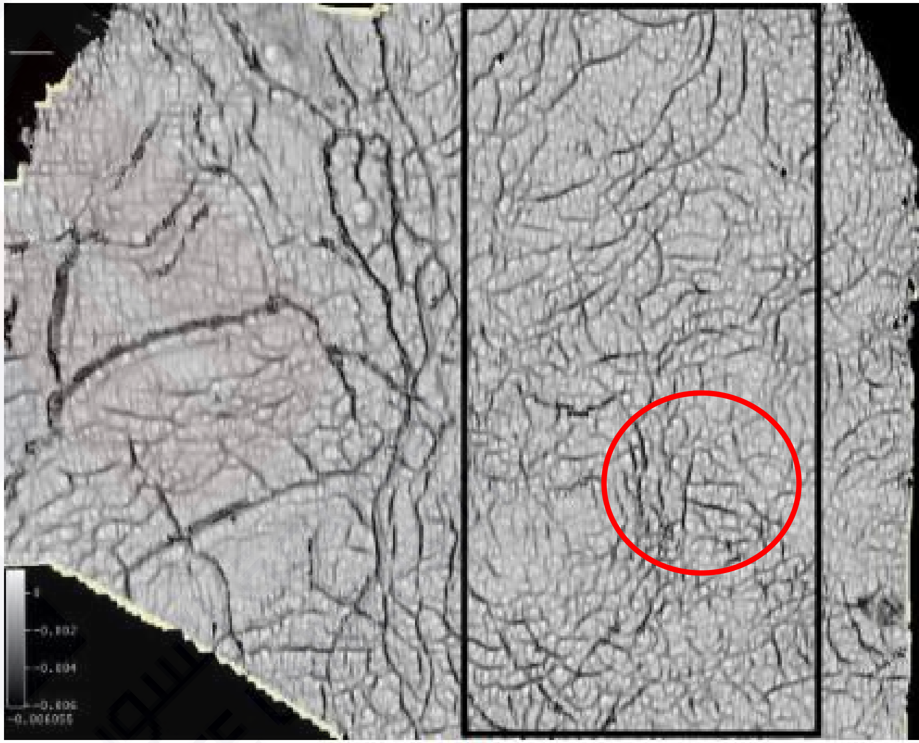


(a) (b)

الشكل (٩) استخدام الانحناءات الأكثر ايجابية (a)باستخدام DSMF و باستخدام (b) FES

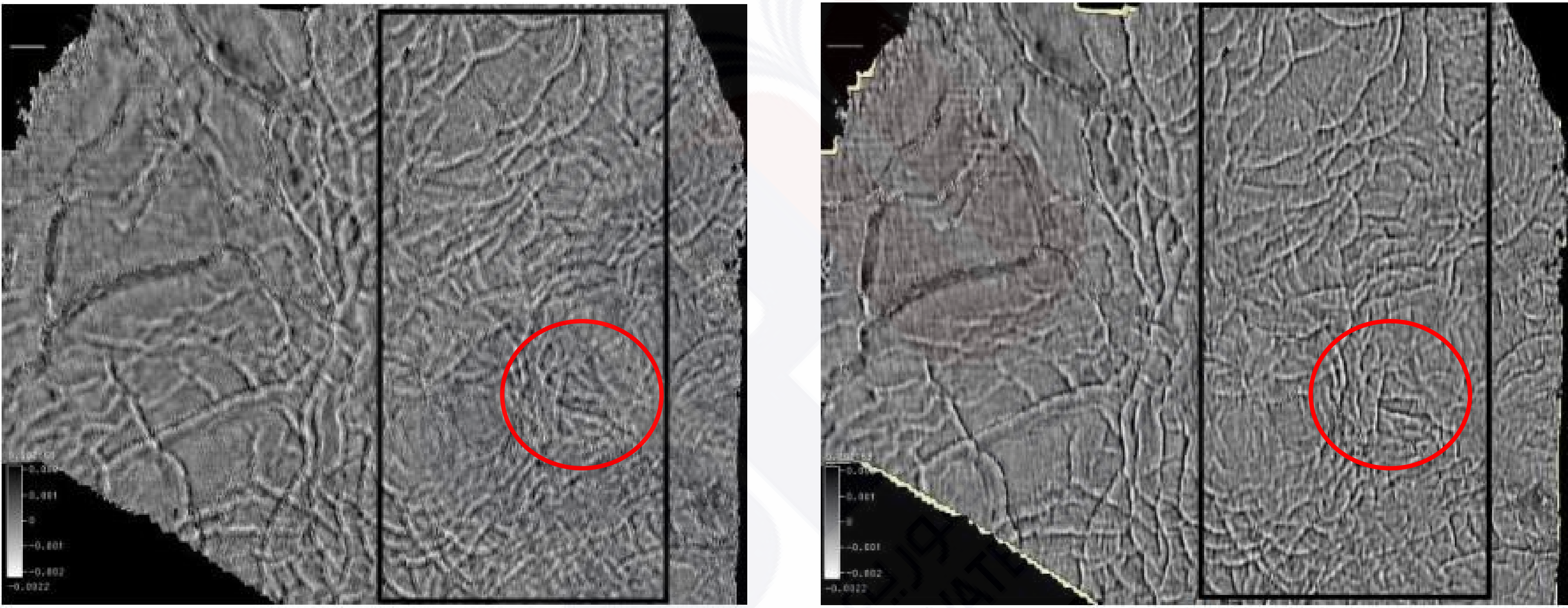


(a)



(b)

الشكل (١٠) سمات الانحناءات الأكثر سلبية .
(a) باستخدام DSMF .
(b) باستخدام FES .
لاحظ رميات الفوالق أكثر وضوحا باستخدام FES الشكل (b).



(a) (b)

الشكل (١١) سمات الانحناء الرئيسية .

(a) باستخدام DSMF

(b) باستخدام FES

شبكة الشقوق واضحة جدا ومعززة باستخدام FES الشكل (b).

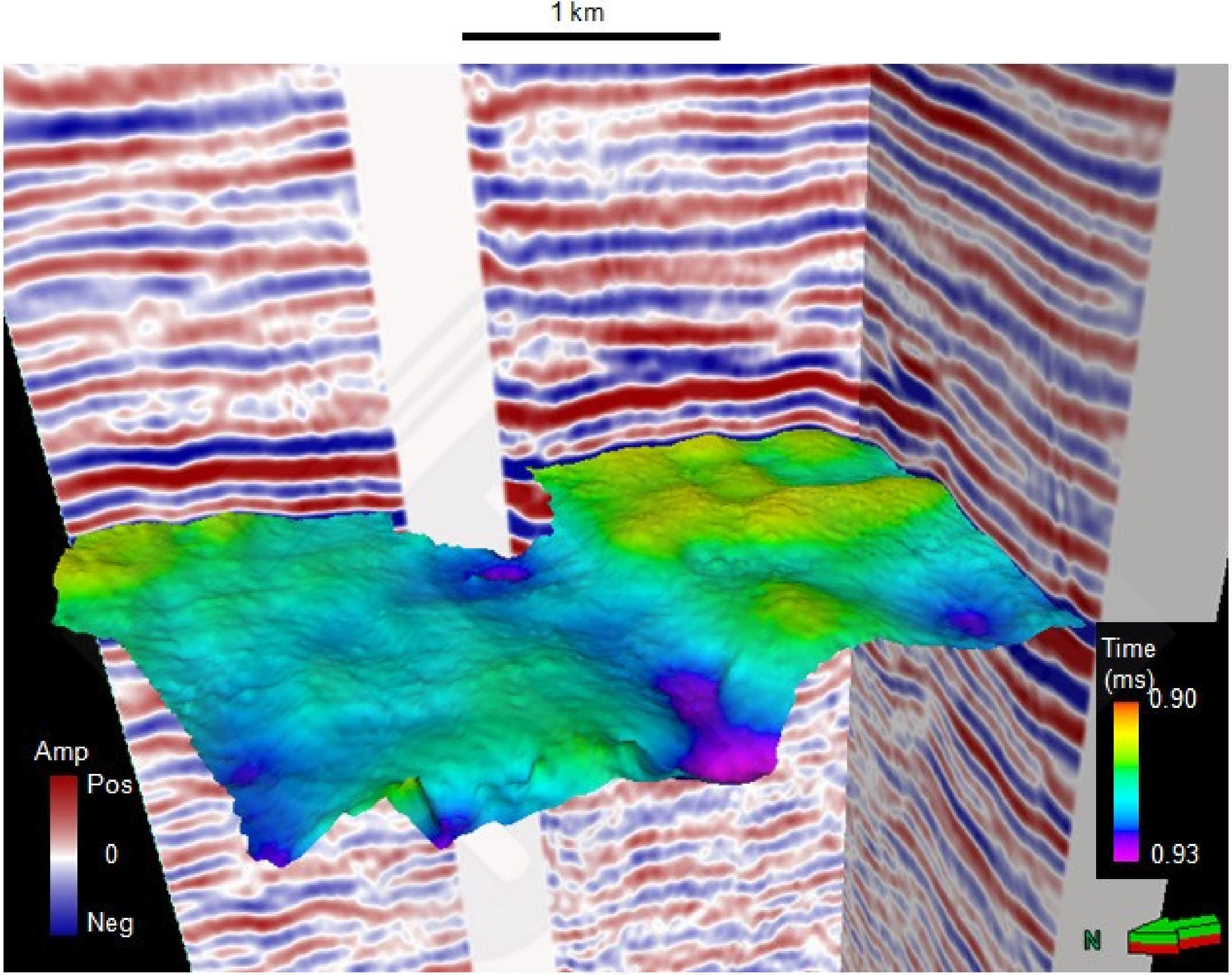
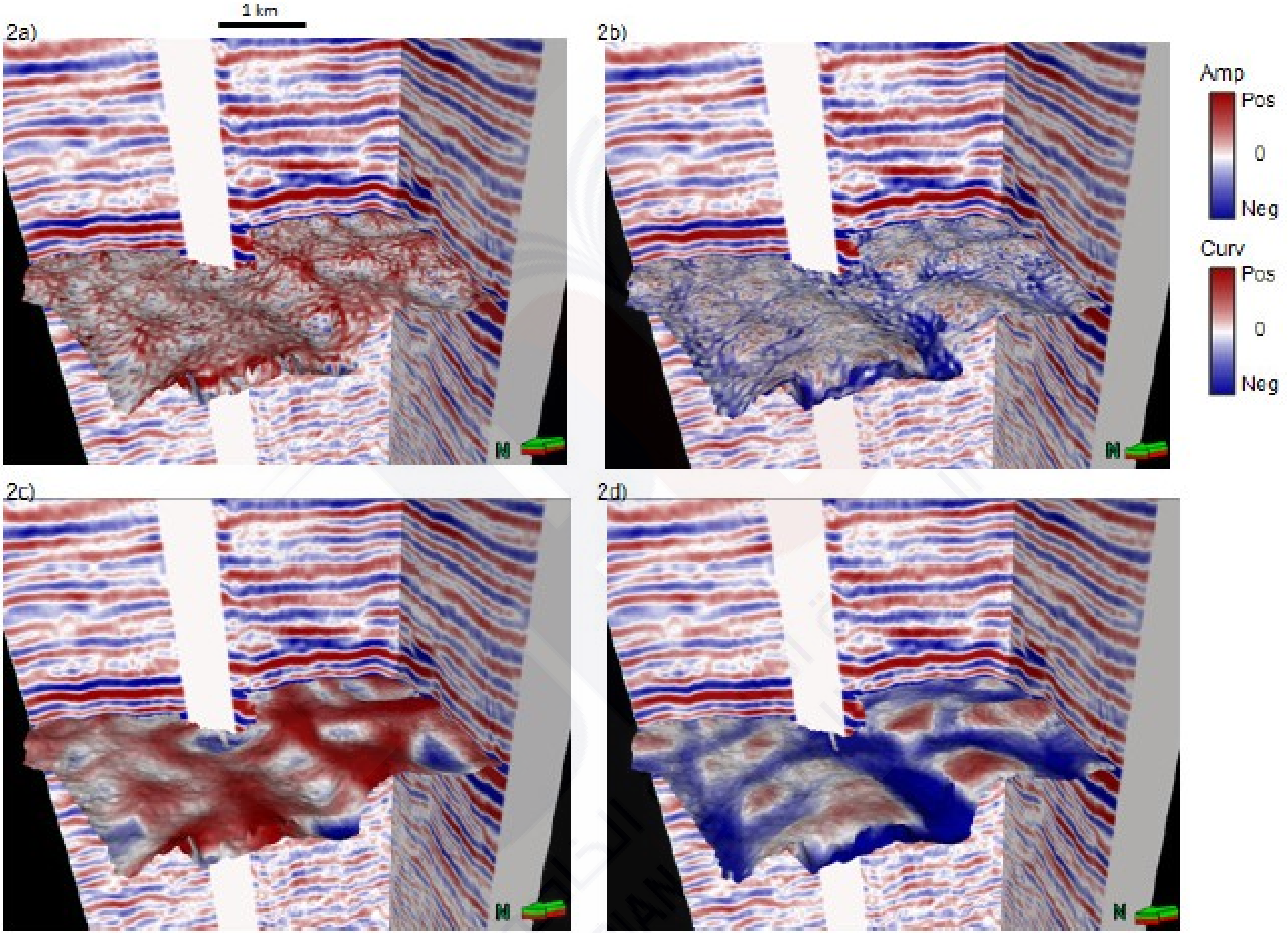


Figure 1 - Horizon slice of the Hunton Limestone shown with the seismic data. The colorbar for the horizon slice shows twoway travel time in ms. Reds and yellows are highs with purples and blues indicating lows. The seismic amplitude colorbar shows positive peaks in red and negative troughs in blue.



Figures 2a, 2b, 2c, and 2d – These figures illustrate positive and negative short wavelength and long wavelength curvature respectively. The seismic data appears to be very high quality and the amplitude is shown by the colorbar labeled “Amp” indicating peaks are red and troughs are blue. The curvature has a similar colorbar and the most positive areas are red and the most negative are blue. These images are shown on the picked Hunton horizon in the seismic data.

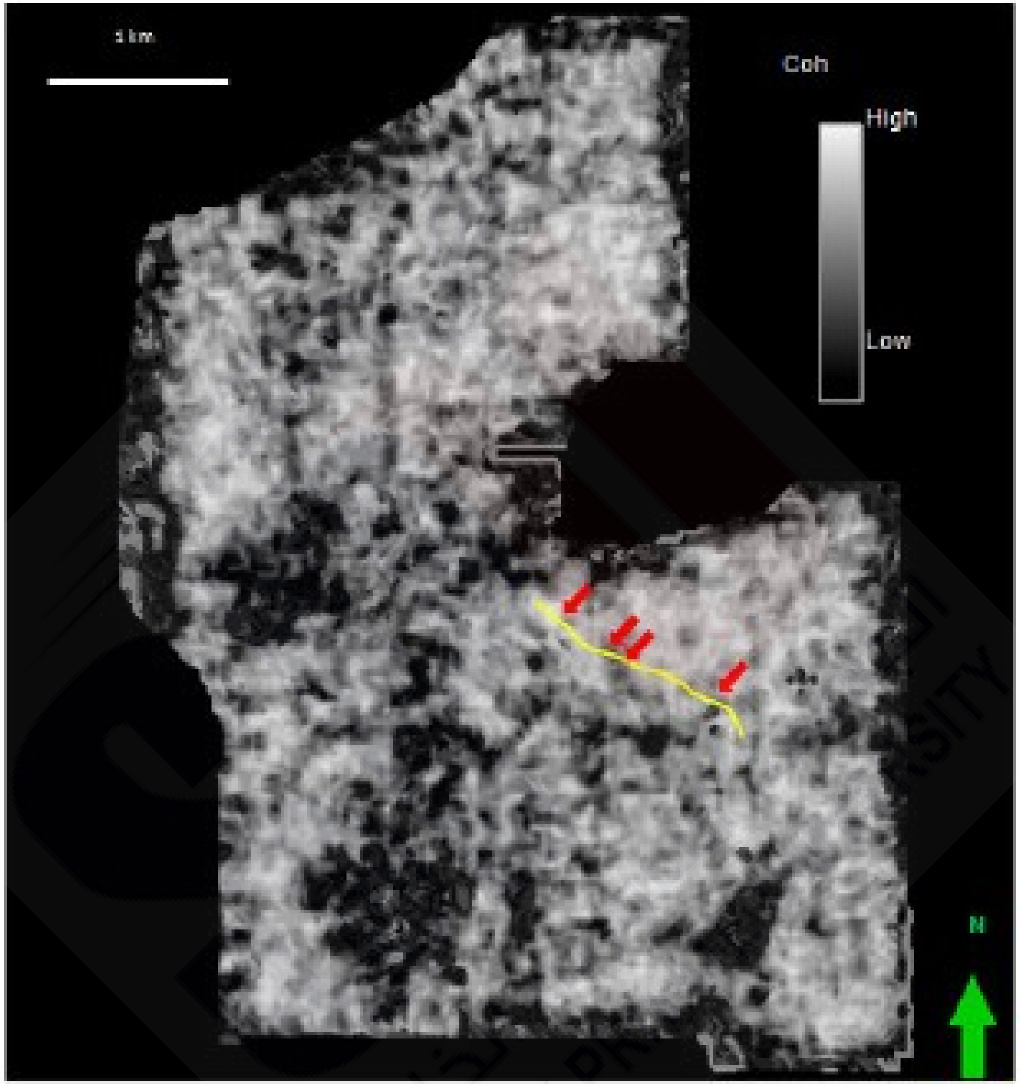
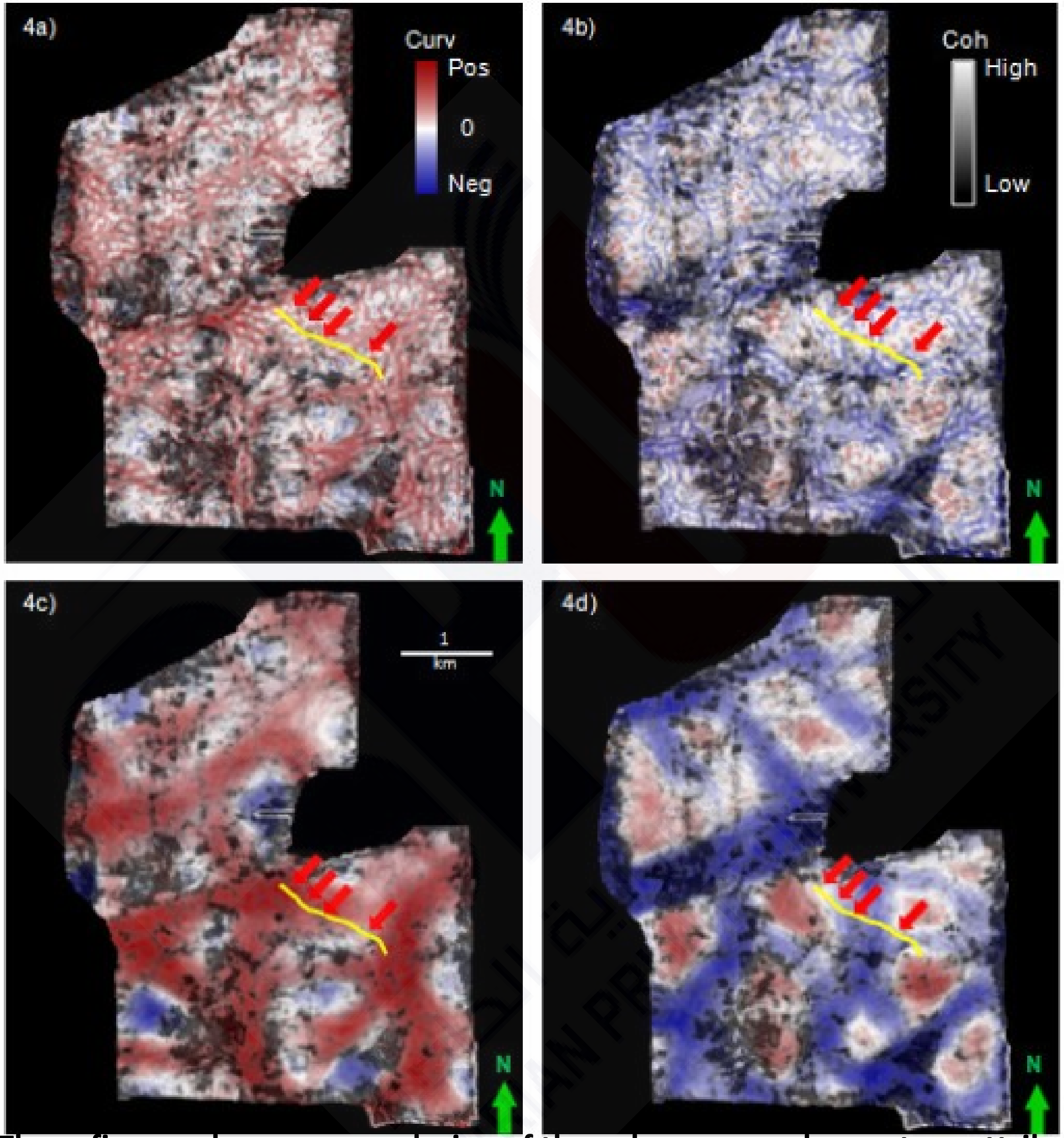


Figure 3 – Coherence attribute showing areas that are coherent and incoherent as indicated by the colorbar. Light colored areas are highly coherent and dark colors are more incoherent. The yellow line is a horizontal well bore in the seismic data. Red arrows indicate areas of possible high fracture density.



Figures 4a, 4b, 4c, and 4d – These figures show a co-rendering of the coherence and curvature attributes previously shown in the figures above. The yellow line on each image is the location of a horizontal borehole. Areas where both curvature an incoherence are high should be good areas to find high density of fractures. The colorbar for curvature shows that red is positive curvature and blue is negative curvature. The colorbar for coherence indicates that light colors are coherent and dark colors are incoherent. Red arrows indicate areas of possible high fracture density due to high curvature and incoherence.

المصادر النفطية غير التقليدية

المصادر النفطية غير التقليدية

•إن التطور الكبير في مجال الصناعة النفطية وخاصة في المجال الجيوفيزيائي والجيولوجي فتح المجال لدراسة المصادر غير التقليدية (Unconventional Recourses) بشكل كبير والتي أصبحت خياراً استراتيجياً لمعظم الدول والشركات النفطية .

هذا النوع من المصائد في حال العمل به واكتشافه على نطاق واسع فإنه سيساهم بشكل كبير في إضافة حجوم جديدة من الفحوم الهيدروجينية إلى المحتوى الأساسي من الحجوم المكتشفة من خلال المصائد التقليدية لأن الأخيرة أصبحت تقل نتيجة الاستنزاف المتواصل والدائم، لذلك فإن الاهتمام الأكبر قد توجه نحو دراسة المحتوى الاقتصادي لتلك المصادر غير التقليدية مع العلم أنها تحمل تحديات ومخاطر كبيرة أثناء الدراسة والحفر والاستخراج وهي قابلة للتطبيق باستخدام التكنولوجيا الخاصة بها و كمصدر أساسي للطاقة في المستقبل حيث نميز منها :

•Tight oil Reservoirs
•Shale Gas
•Coal bed methane
•Heavy oil
•Oil shale
•Deep & ultra deep water offshore

كل تلك الأنماط السابقة تتطلب إستراتيجية محددة للتطوير ومرتبطة بكثير من العوامل الأساسية منها الموقع، الميزانية والتكاليف، طرق الاستخراج، التأثير على النظام البيئي للمنطقة وغيرها.

على سبيل المثال فإن الشواهد النفطية التي تم رصدها في تشكيلة الشيرانيش ++ (في إحدى الحقول السورية) أثناء عمليات الحفر تعتبر واحدة من المصادر غير التقليدية المهمة حيث تتوجه لها الأنظار كرديف أساسي في حال نضوب واستنفاذ المصادر التقليدية، حيث تقع ضمن النمط الأول وهو النفط الموجود في الصخور الكتيمة (حجر كلسي) والذي يرتبط **ارتباطاً وثيقاً مع الشقوق بشكل أساسي** ومن **خلال إيجاد العلاقة التي تربط الشقوق مع الشواهد النفطية وتوزعها ضمن التشكيلة** فبذلك يكون قد تم تحقيق مصدراً مهماً وجديد للنفط.

إن أنماط بعض الخزانات التي تمتاز بنفوذية قليلة جداً نتيجة للوضع الترسيبي للمنطقة والناتج عن الانضغاط والتراص الطبقي حيث من الصعوبة استخراج النفط منها بحجوم اقتصادية ولفترة طويلة من دون الرجوع إلى زيادة المسامية الشقية في تلك الطبقات الخازنة وذلك من خلال عدة طرق في الآبار، فهي تحمل مخاطر وتحديات ولكنها في نفس الوقت تلعب دوراً مهماً وأساسياً في زيادة المردود .

إن المسامية الشقية المتوضعة في الطبقات ومحاولة التعرف عليها وتحديدها ومعرفة أنماطها (مفتوحة أو مغلقة أو...) والفوالق ذات الرميات الصغيرة (الفوالق تحت السيزمية) تعتبر التحدي الكبير للعمل الجيوفيزيائي (أو للمفسر بشكل أساسي).

• **أمثلة محلية وعالمية**

حقول غيدنغر وبيرسول – الولايات المتحدة الأمريكية

اكتشفت عام ١٩٦٠ بإنتاج ٣١٣ برميل يومياً API - 40 حفر أول بئر أفقي في عام ١٩٨٩ وتم حتى الأن حفر أكثر من ٢٣٩٣ بئراً حيث تؤلف الآبار الأفقية ما مجموعه ١٨ % من الآبار ولكنها تشكل أكثر من ٧٠ % من الإنتاج الفعلي حيث أن الإنتاجية عالية فيه نتيجة للشقوق المشكلة والمخترقة من قبل الآبار المحفورة .

الحقل الطباشيري في تكساس هو عبارة عن تشكيلات طباشيرية الشكل(٢-٦) مشققة تابعة إلى عمر الكريتاسي، توضعت في القسم الجنوبي من تكساس وعلى حوالي ٥٠٠ كم من الحدود مع المكسيك.

الملاحظات الأساسية في هذه الحقول هي :

المصائد : معظم المصائد في حقوله عبارة عن:

• مصائد ستراتغرافية
• إغلاقات بنيوية محلية نتيجةً للقباب الملحية التابعة للجوراسي
• المصائد الفالقية

الشواهد النفطية :

تنتج الشواهد النفطية نتيجة الشقوق في تلك الطبقات والتي تعتبر في نفس الوقت " الصخور المولدة " وتلعب البنية التركيبية دورها من خلال عمليات انتقال النفط وهجرته من طبقة إلى أخرى

الخصائص الخزنية

Up – dip facies

ترسبت هذه الطبقات من خلال ارتفاع مستوى سطح البحر على التوضعات الكربوناتية وبمستويات مختلفة بعضها ضحل (غنية ب penthic Fauna مع بنية غنية بالأوكسجين والتركيب الضوئي لذلك معظم الترسيبات فاتحة اللون وتركيز المادة العضوية هو (٠.٥ %)

Down – dip facies

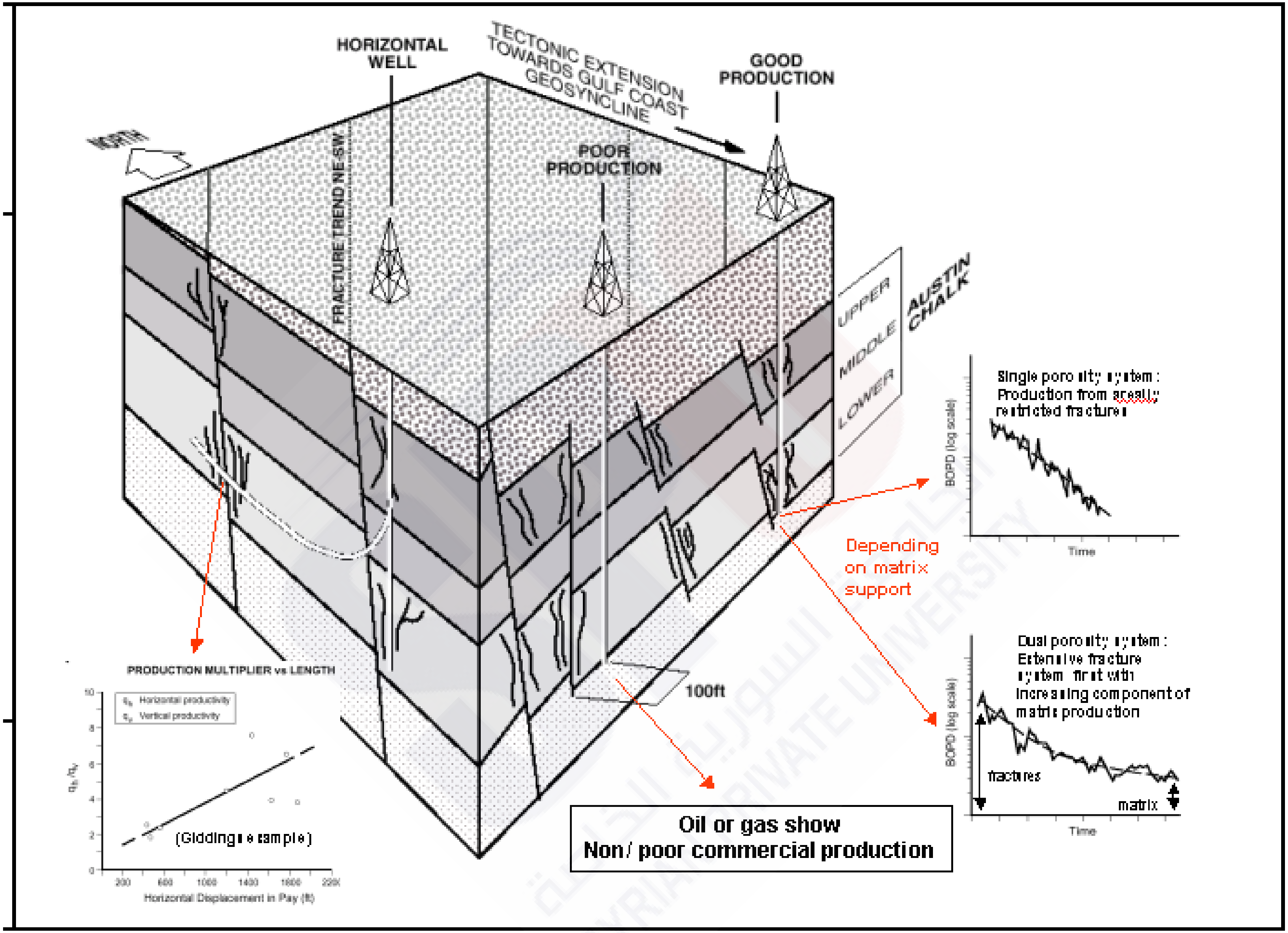
ترسبت على أعماق أكبر ، وهو ما يميز رسوبياتها ذات اللون الأغمق وإجمالي المادة العضوية (١.٥ %) تشكلت الشقوق نتيجة الانزياح الجانبي للفوالق (خليج المكسيك) وكذلك تأثير الطبقات الملحية عليها وهي تحتوي على طبقات ضعيفة بمحتوى (الأرجيليسيوس) وانخفاض في تتالي طبقات الغضار.

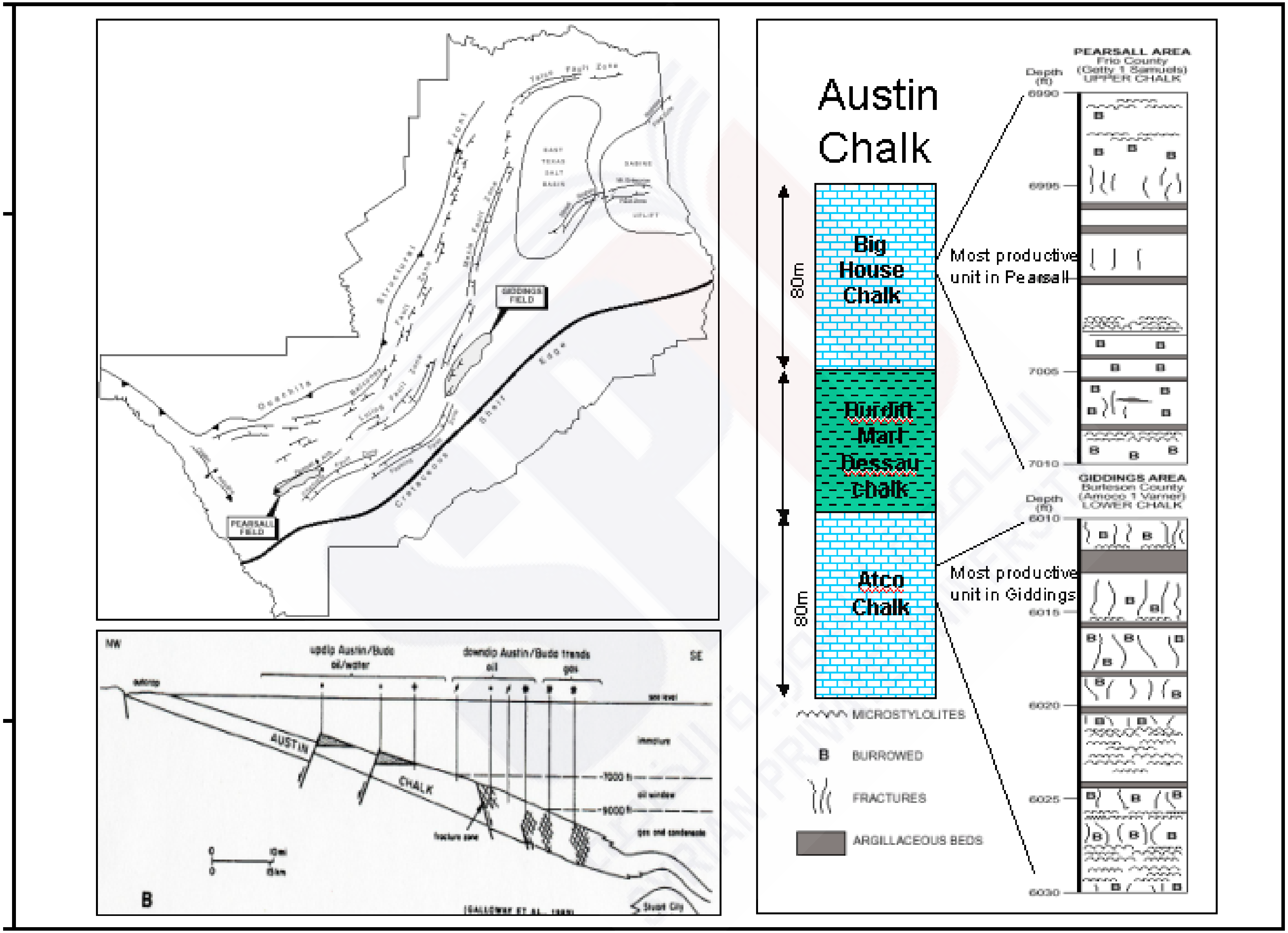
نوعية الخزانات

نسبة المسامية هي ٦ % على عمق ٢٥٠٠ م والنفاذية ٠.٠٥ م د (نفاذية شقية)

معدل الإنتاج اليومي للأبار العمودية من ٢٥٠ – ٣٠٠ برميل يومياً وبمعدل عمر زمني يصل إلى خمس سنوات أما بالنسبة إلى الأبار الأفقية فإنها تنتج فعلياً حوالي ١٠٠٠ برميل يومياً

الدرس المستفاد من هذا المثال أن عدد كبير من الأبار العمودية لم تسجل به شواهد نفطية بسبب عدم اختراقها الشقوق ، أو بمعنى أخر أن عدد الشقوق المخترقة من قبل البئر قد يكون قليلاً أو معدوماً أما في حال البئر الأفقي فإن الصورة قد تبدو مختلفة حيث أن الأبار الأفقية تخترق عدداً أكبر من الشقوق لذلك تكون الإنتاجية أكبر .


HORIZONTAL WELL
TECTONIC EXTENSION TOWARDS GULF COAST GEOSYNCLINE
GOOD PRODUCTION
NORTH
FRACTURE TREND NE-SW
POOR PRODUCTION
UPPER
MIDDLE
LOWER
AUSTIN CHALK
Single porosity system: Production from greatly restricted fractures
BOPD (log scale)
Time
Depending on matrix support
Dual porosity system: Extensive fracture system first with increasing component of matrix production
fractures
matrix
100ft
PRODUCTION MULTIPLIER vs LENGTH
Horizontal productivity
Vertical productivity
(Giddings example)
Horizontal Displacement in Pay (ft)
Oil or gas show
Non/ poor commercial production



الشكل (٢-٦) الحقل الطباشيري في تكساس– الولايات المتحدة الأمريكية (حقول غيدنغر و بيرسول)

من الأمثلة العالمية عملية التعامل مع المعطيات العامة للآبار(Well Data)

يجب التمييز بين نوعين من البيانات :

- LANDMARK data أو البيانات السيزمية:

وهي كل المعطيات والبيانات الجيوفيزيائية والموجودة في البرنامج الذي استخدم في العمل الجيوفيزيائي "LANDMARK" والتي تضم المسوح والحجوم السيزمية المختلفة وكذلك معطيات الآبار الواقعة ضمن تلك المسوح

- AFWIS database أو المعطيات العامة للآبار الموجودة في قاعدة البيانات الخاصة بالشركة :

وهي كل معطيات الآبار الموجودة في قاعدة بيانات شركة الفرات للنفط والتي تضم كل المعطيات العلمية المطلوبة و تشمل الإحداثيات السطحية للآبار،مسار الآبار، أعالي التشكيلات، القياسات البئرية check shot data ، اللباب الصخري أو العينات الأسطوانية، قياسات ومعطيات الضغوط .

تم أولاً تدقيق كل تلك المعطيات الموجودة في كلا البرنامجين والتحقق من مطابقتها وصحتها ثم في مرحلة لاحقة إنزالها والعمل بمضمونها على المقطع السيزمي.

وهناك الكثير من البرامج الجيوفيزيائية الهامة إضافة لما ورد أعلاه منها على سبيل المثال لا الحصر:

- petrel (بترل)
- GeoFrame (جيوفرام) وغيرها.

معطيات ونتائج **SVS** (Simple Visualization Software)

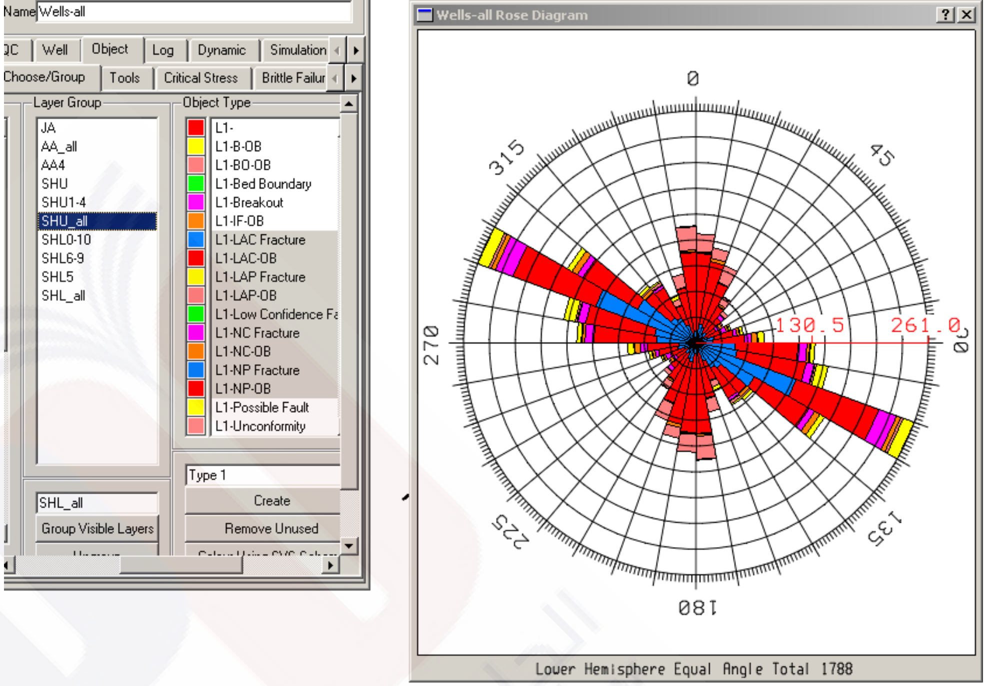
- SVS (Simple Visualization Software)هو أحد البرمجيات الحديثة والخاصة بشركة شل النفطية، يستخدم **لتحديد وتفسير الشقوق** من خلال تجميع وربط مجموعة كبيرة من المعطيات مع بعضها البعض، استخدم على نطاق واسع في هذه الدراسة حيث تم إدخال المعطيات التالية إلى البرنامج:

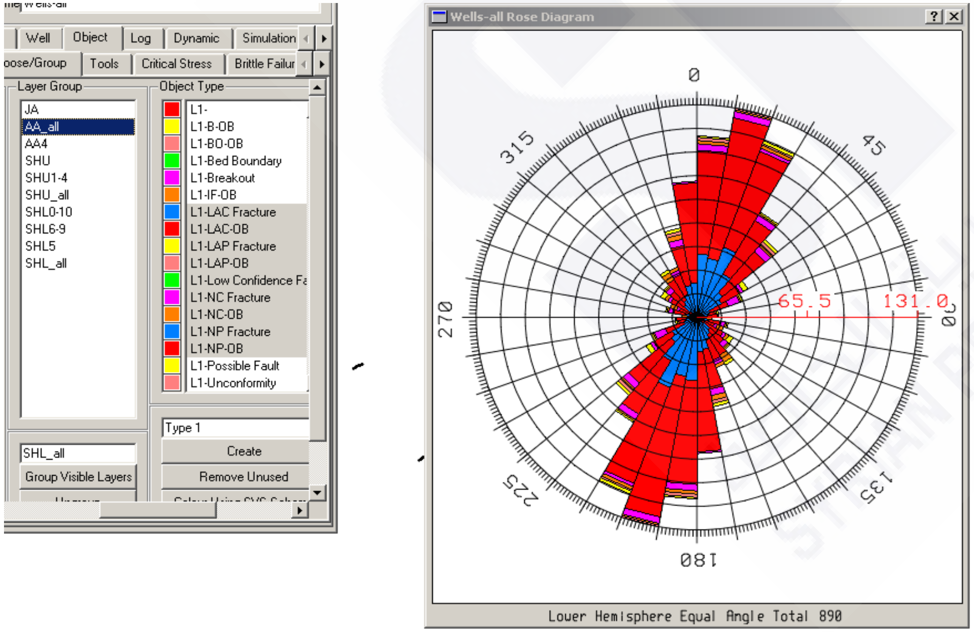
- أماكن تواجد الشواهد النفطية في الآبار لمنطقة الدراسة.
- مجموعة من القياسات البئرية .
- أعالي الطبقات في الآبار .
- السطوح العاكسة المفسرة .
- الفوالق المفسرة .

كل هذه المعطيات تم استخدامها وربطها مع بعضها البعض وذلك للحصول على **علاقة تربط الشقوق مع أماكن تواجد الشواهد النفطية ضمن تشكيلة المطلوبة.**

تمت في البداية **معرفة الاتجاهات العامة والميول للشقوق ضمن كل طبقة** للتشكيلة لمطلوبة في منطقة الدراسة الأشكال (٥-٥) وكذلك تم تقسيم الطبقة الواحدة إلى مجموعة من الطبقات **ومعرفة نمط الشقوق واتجاهاتها** .

وتمت مقارنة مكان توزع الشقوق في الآبار مع أماكن وجود الشواهد النفطية حيث يلاحظ الارتباط الواضح بين مكان توزع الشقوق، مع مكان وجود الشاهد النفطي، والملفت للنظر هو تواجد بعض الشواهد النفطية في أماكن غير مرتبطة مع الشقوق ، وهذا ترك مجالاً أخر للتساؤل .





الشكل (٥-٥) تحديد نمط اتجاه الشقوق