

# "النموذج السيزمي الطبقي الفعال واستخدامه لتفسير المعطيات الجيولوجية وتحديد السرعة السيزمية في حقل شريفة"

اسماء الكيلاني (1) و رامز ناصر (2)

## الملخص:

تم سابقاً اعتماد النماذج الطبقيّة من الناحية السيزمية والتي تمثل طبقات سمكة تعبر عن التشكيلات الجيولوجية بشكل تقريبي، أو النماذج الديناميكية كثيرة الطبقات التي تمثلها النبضات العديدة للتسجيلات الصوتية.

قمنا في هذا البحث لأول مرة بإنشاء نموذج سيزمي فعال وسطي بين النموذجين السابقين، والذي يؤثر على العمليات الفيزيائية (الانعكاس والانكسار)، وحسبنا السرعة السيزمية الوسطية الموزونة اعتماداً على النموذج المذكور، وعممنا نتائج دراستنا على حقل شريفة.

## الكلمات المفتاحية:

الجيوفيزياء – السيزمية – النماذج السيزمية – حقل شريفة - النموذج السيزمي الفعال.

(1) طالبة دكتوراه

(2) أستاذ، قسم الجيولوجيا – كلية العلوم – جامعة دمشق.

## **The effective seismic stratigraphic model and its use to interpret geological data and determine seismic velocities in the Charifa field**

**Asmaa Alkelany (1), Ramez Naser (2)**

### **Abstract:**

Stratified models were previously adopted from a seismic point of view, which represent thick layers that approximately express geological formations, or dynamic multi-layered models, which are represented by many pulses of sound recordings.

In this research, we have created for the first time an effective seismic model that is intermediate between the two previous models that affect the physical processes (reflection and refraction). We also have calculated the average seismic velocity based on the mentioned model, then we have generalized the results of our study to the Charifa field.

### **Key words:**

Geophysics - seismic - seismic models - Charifa field - effective seismic model.

---

**(1) PhD student**

**(2) Professor, Department of Geology – College of Science –  
Damascus University – Syria.**

## 1 - المقدمة:

اعتبر الباحثون أن الأوساط الجيولوجية -مع بعض التقريب- أوساط مرنة، تنتشر فيها الأمواج السيزمية لتتعامل مع سطوح طبقاتها وتعود إلى سطح الأرض، فتعطي الصورة الحقيقية للبنية الجيولوجية الطبقيّة التي انتشرت فيها هذه الأمواج.

عندما تم تنفيذ المسح السيزمي في حقل شريفة؛ انتشرت في بنيتها أمواج طولية P بسرعة  $v_p$ ، وأمواج عرضية S بسرعة  $v_s$ ، وهي أقل من سرعة انتشار الأمواج الطولية.

اتفق معظم الباحثون على تصنيف هذه السرع ضمن مجموعات معينة وبأسماء مختلفة كالسرعة اللحظية  $(\frac{\Delta z}{\Delta t})$ ، السرعة الطبقيّة  $(\frac{z_2 - z_1}{t_2 - t_1})$ ، والسرعة الوسطية  $(\frac{\sum z_i}{\sum t_i})$  وغيرها... وبالتالي فإن بارامترات السرع السابقة تعد من أهم عوامل المرونة المستخدمة في تفسيرات المعطيات السيزمية، وتحديد بنية الأوساط الجيولوجية ونماذجها الطبقيّة.

اختلف بعض العلماء على تحديد مفهوم النماذج الطبقيّة والبنية الليثوستراتغرافية للأوساط الجيولوجية، وانتهوا إلى مفهومين:

اعتبر بعض العلماء -من جهة- الأوساط الجيولوجية ذات الطبقات السمكة أوساطاً ستاتيكية، معتمدين بذلك على مفهوم التشكيلات الجيولوجية، بينما اعتبر البعض الآخر الأوساط الجيولوجية أوساطاً رقيقة الطبقات (ديناميكية) أي متغيرة السرعة مع العمق، اعتماداً على ما تظهره التسجيلات الجيوفيزيائية البئرية

"النموذج السيزمي الطبقي الفعال واستخدامه لتفسير المعطيات الجيولوجية وتحديد السرعة السيزمية في حقل شريفة"

(sonic و density و neutron ..)، التي لها نبضات كثيرة (مئات ...)، تعبر كل نبضة منها عن صفة فيزيائية (طبقة) مستقلة عن الأخرى (السرعة، الكثافة، المقاومة، الإشعاعية ...).

والسؤال الذي يُطرح حول هذا المفهوم: ما هو عدد الطبقات في هذه النماذج (الديناميكية والستاتيكية) التي يتم اختيارها لهذه الأوساط، وهل تؤثر جميعها على عمليات انتشار الأمواج، وبالتالي كان هدفنا في هذا البحث اختيار النموذج الطبقي الفعال الذي يؤثر على مسير الحقل الموجي، بحيث يمكننا الوصول إلى نموذج طبقي يمثل الوضع الجيولوجي الحقيقي من الناحية السيزمية أفضل تمثيل. ويمكن الاستفادة منه في تفسير المعطيات السيزمية. فالفرز الحقيقي للسطوح العاكسة الممثلة لسطوح الطبقات الجيولوجية وخصوصاً الحاملة للمواد الهيدروكربونية؛ يؤدي إلى تحديد حقيقي للمصادر في التراكيب البنيوية المأمولة التي تعد هدفاً لأعمال البحث والتنقيب عن النفط والغاز [العاسمي، 2005].

## 2 - هدف البحث:

- 1 - وضع النموذج السيزمي الطبقي الفعال المؤثر على مسير الحقل الموجي.
- 2 - حساب السرعة السيزمية للنموذج الديناميكي السابق ومقارنتها مع السرعة السيزمية للنموذج الستاتيكي الأولي لتحديد نسبة الخطأ في الدراسات السابقة.
- 3 - الاستفادة من السرعة المحسوبة من النموذج السيزمي الفعال في وضع الخريطة الزمنية والعمقية لمنطقة الدراسة، ومقارنة نتائجنا مع نتائج الدراسات السابقة المعتمدة على قيم الـ check-shot.
- 4 - تحديد المصادر الهيدروكربونية على الخريطة العمقية الناتجة.

5 – إمكانية تعميم منهجية دراستنا على الدراسات الجيوفيزيائية التنقيبية.

### 3 – الموقع الجغرافي والوضع الجيولوجي لمنطقة الدراسة:

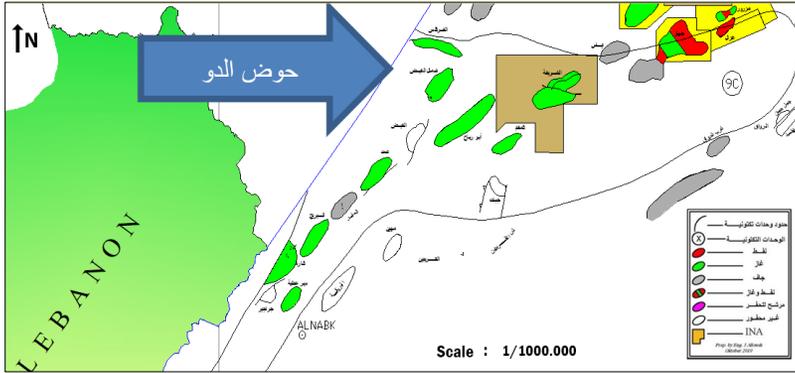
يقع حوض الدو (الشامل لحقل الشريفة موضوع بحثنا) في الجزء الغربي من وسط سورية، مشكلاً بنيةً فاصلةً بين السلسلتين التدميريتين الشمالية والجنوبية، ضمن الإحداثيات التالية:

$$X1 = 36^{\circ}15' , X2 = 36^{\circ}54' / Y1 = 34^{\circ}15' , Y2 = 54^{\circ}43'$$

وتبلغ المساحة الإجمالية لهذا الحوض 10.000 كم<sup>2</sup> تقريباً، وهو ممتد طولياً بشكل مسائر لنطاق الطي التدمري، ويعدّ حوضاً ترسيبياً مكوناً من مجموعة من التراكيب (شكل 1)، بدأ تشكله من عمر الباليوزوي، وخضع إلى حركات تكتونية شديدة استمرت من الباليوزوي حتى الكريتاسي الأعلى، مشكّلةً مقعراً جيولوجياً في قسمه الشرقي [7]، ثم خضع إلى حركات تكتونية ضغطية استمرت من الكريتاسي الأعلى حتى الرباعي، نتج عنها بنايات محدبة فيه.

تبلغ سماكة الغطاء الرسوبي في حوض الدو (9 – 11) كم [13]، والخزان الهيدروكربوني فيه هو تشكيلة الكوروشينا دولوميت (KD).

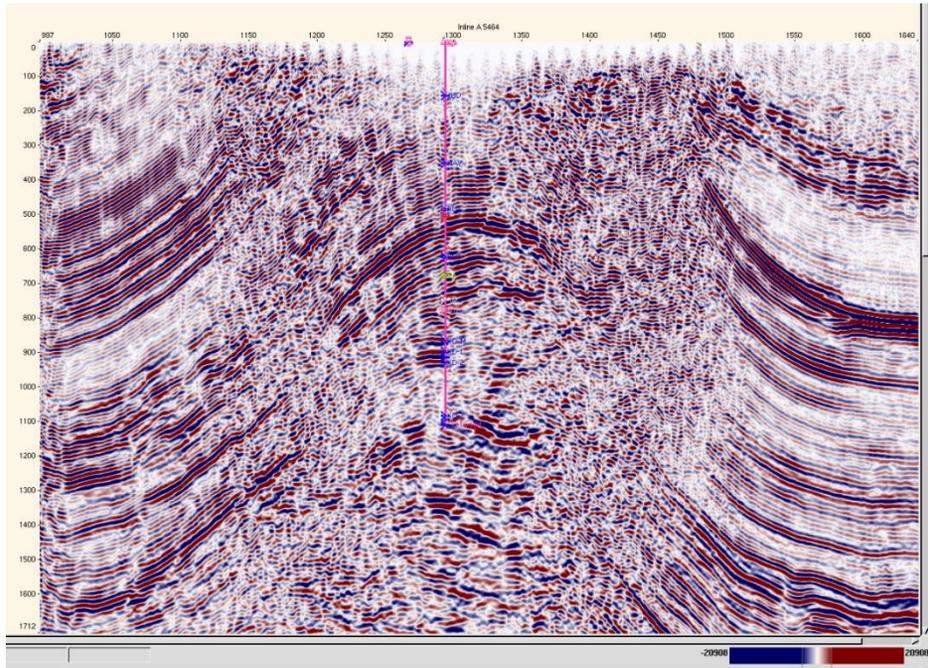
"النموذج السيزمي الطبقي الفعال واستخدامه لتفسير المعطيات الجيولوجية وتحديد السرعة السيزمية في حقل شريفة"



شكل 1: تراكيب حوض الدو [SPC]

#### 4 - الدراسات السابقة:

أجريت العديد من الدراسات الجيوفيزيائية في حوض الدو بتراكييه [3] وقدمت عنه أبحاث علمية هامة [تقارير الشركة السورية للنفط]، ورسائل ماجستير ودكتوراه ((منصور، ع.، 2018)، ...)، وقد أجمعت هذه الدراسات بمعظمها على أن بنية هذا الحوض هي بنية معقدة تكتونياً بمجموعة من الفوالق [1]، أدت إلى تقطع في العواكس وأحياناً عدم ظهورها، كما تبين المقاطع السيزمية الناتجة عن هذه الدراسات (شكل 2).



شكل 2: مقطع سيزمي في منطقة الدراسة [12]

يُنْبَع في الدراسات السيزمية غالبًا طرائق كلاسيكية لتفسير المعطيات السيزمية، بالاستعانة بالأثر (السيسموغرام المصنع) لتحديد العواكس وإظهارها، ولكن في حالات معينة وخصوصًا في الأوضاع الجيولوجية المعقدة؛ يفضل اتباع منهجية جديدة تعتمد على دراسة بنية الوسط الداخلية التي تحدد القياسات الصوتية المارة أمام كل طبقة، حيث تعكس هذه المنهجية الوجود الحقيقي لكل مجموعة صخرية متجانسة في الوسط الجيولوجي سماكتها أكبر من ربع طول الموجة.

## 5 - مسألة البحث:

إن الفرز غير الدقيق لعواكس التشكيلات السطحية باستخدام السيسموغرام الصناعي (شكل 2)؛ وأحيانًا التحديد غير الدقيق للسرعة؛ تعد من الأسباب

"النموذج السيزمي الطبقي الفعال واستخدامه لتفسير المعطيات الجيولوجية وتحديد السرعة السيزمية في حقل شريفة"

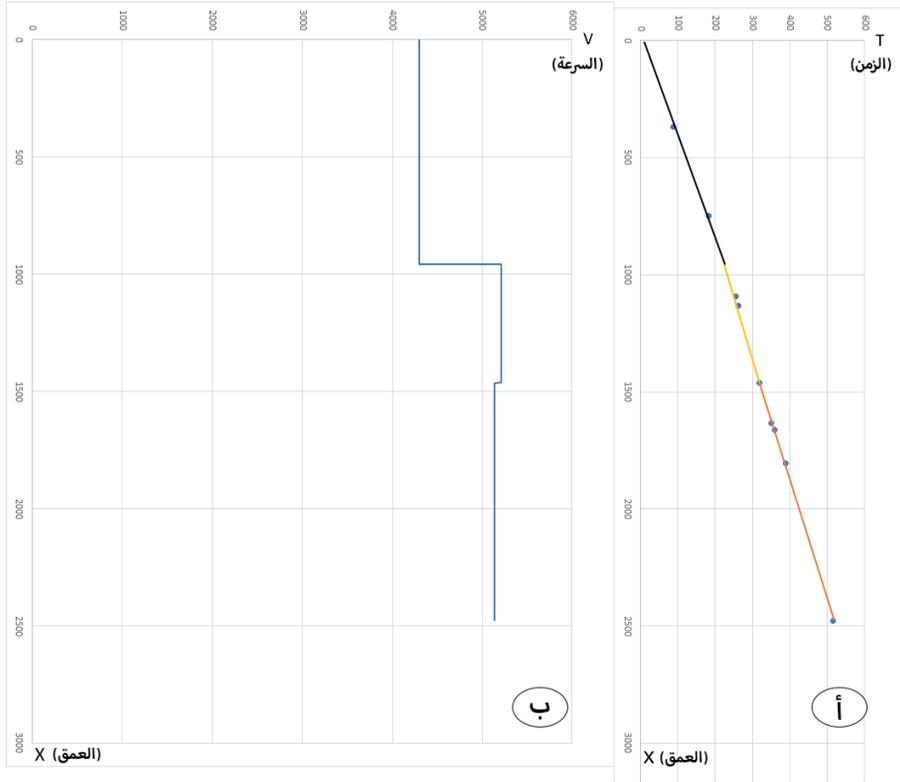
الأساسية التي أدت إلى تحديد بعض الآبار الفاشلة في منطقة الدراسة [2] ، [11]، لذلك فإن حل مسألة إيجاد النموذج السيزمي الطبقي الفعال للوسط الجيولوجي يعتبر من الأمور الملحة من أجل رفع فعالية ودقة نتائج المسح الجيوفيزيائي السيزمي، وتخفيض التكاليف الاقتصادية لأعمال الحفر.

## 6 - منهجية العمل:

انطلاقاً مما سبق؛ اتبعنا منهجية جديدة (فرز ومتابعة للعواكس الطباقية الجيولوجية في حقل الشريفة)، غير مبنية على الـ check-shot في حساب السرعة؛ بل على إيجاد النماذج السيزمية الفعالة (ESM) التي وضعناها للبئر شريفة 2 (CH2) -الممثل لحقل الشريفة- اعتماداً على القياسات الصوتية (sonic) والكثافة (density) [4]، عبر مجموعة مراحل هامة [5]، [6] تتمثل بـ:

### المرحلة الأولى:

- دراسة وتحديد عدم الدقة الناتج عن حصاد الأعمال الحقلية الأولية المتمثلة بالنموذج الستاتيكي المتبع سابقاً كما هو على الشكل 3.



شكل 3: النموذج الطبقي (الستاتيكي) لحقل الشريحة 2

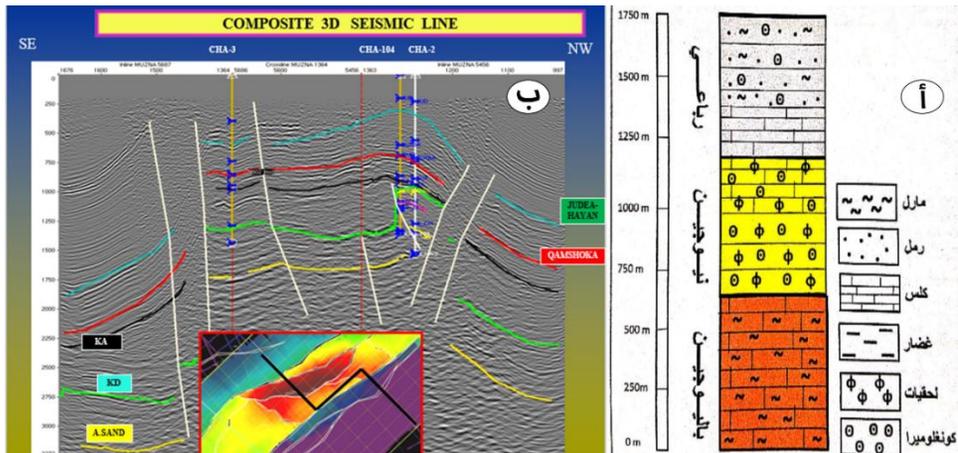
- من خلال التمثيل البياني لنتائج الأعمال الحقلية السابقة، والمعتمدة على قياسات الـ check-shot المنفذة على حقل الشريحة (شكل 3 - أ) [9]؛ تبين لنا أن هذا الوسط ستاتيكي مكون من طبقات سميكة عددها ثلاث طبقات. تم حساب سرعة انتشار الأمواج في كل منها كما هو مبين في الشكل (3 - ب)، ثم انتقلنا بعدها إلى حساب السرعة الوسطية ( $\bar{v}_{av}$ ) لهذا الوسط والمستخدم في وضع الخرائط العمقية؛ فكانت:  $\bar{v} = 4087 \text{ m/s}$  (جدول 1).

Depth "X" (meter)	Time "T" (second)
367	87.429
748	183.392
1091	254.781
1133	262.106
1462	319.233
1632	351.505
1663	358.875
1806	388.141
2476	516.775

جدول 1: قيم ال check – shot للبئر شريفة 2 [SPC]

### المرحلة الثانية:

- 1 - دراسة سطحية: للصخور المتكشفة في المنطقة:  
تتمثل هذه الصخور بتوضعات مفككة رخوة (رمل، حصى، كونغلوميرا...) المشكّلة لطبقة التجوية التي تزيد سماكتها عن 150 مترًا [11]، (شكل 4 - أ).
- 2 - دراسات تحت سطحية:  
المتمثلة بصخور من عمر السينومان – تورونيان، وهي تحوي فجوات كارستية حاملة للمياه الجوفية.
- 3 - دراسات عميقة:  
تبين وجود الفوالق، والتغير في سماكة KA (شكل 4 - ب).



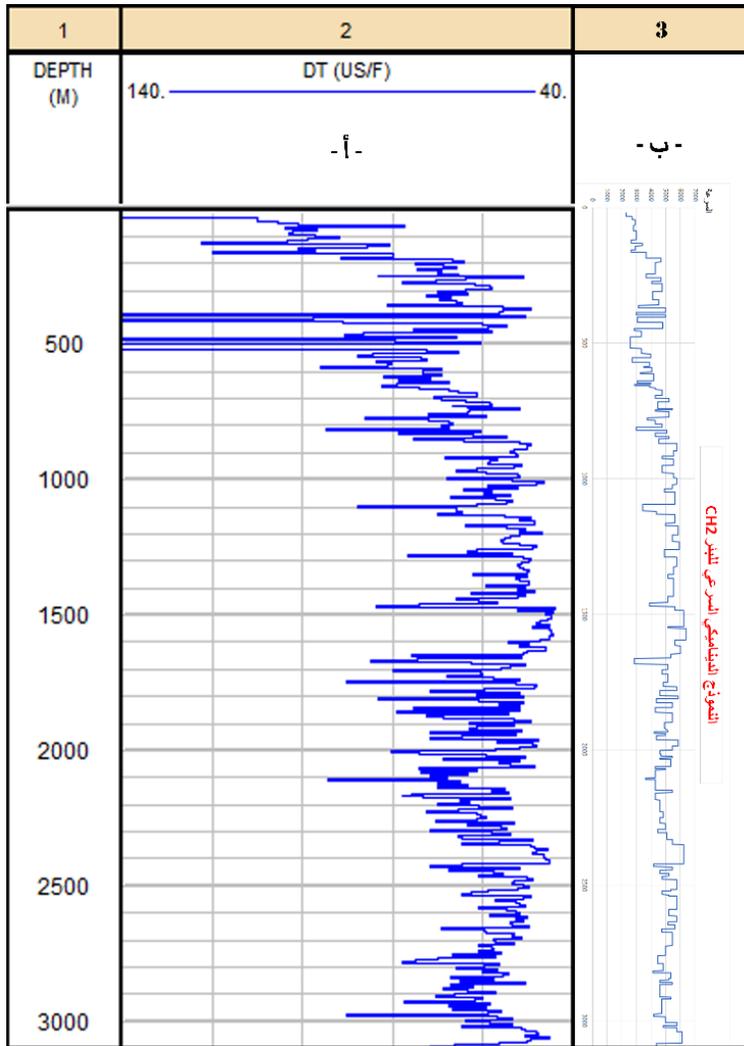
شكل 4: إلى اليمين: التكتشفات السطحية، وإلى اليسار: البنية المضروبة بالفوالق [12]

### المرحلة الثالثة:

1 - انطلاقاً من سجل ال-sonic للبئر شريفة 2 المعبر عن العديد من الطبقات (الديناميكي) في الوسط المدروس (شكل 5 - أ) والمنفذ من قبل الشركة السورية للنفط؛ قمنا بحساب السرعة اللحظية ووضعنا النموذج الديناميكي السرعة (شكل 5

ب) المقابل لهذه الطبقات وذلك بحساب السرعة اللحظية  $v = \frac{dz}{dt} \sum$

"النموذج السيزمي الطبقي الفعال واستخدامه لتفسير المعطيات الجيولوجية وتحديد السرعة السيزمية في حقل شريفة"



شكل 5: سجل الـ sonic للبيئر شريفة 2 [SPC] وإلى اليمين النموذج الديناميكي

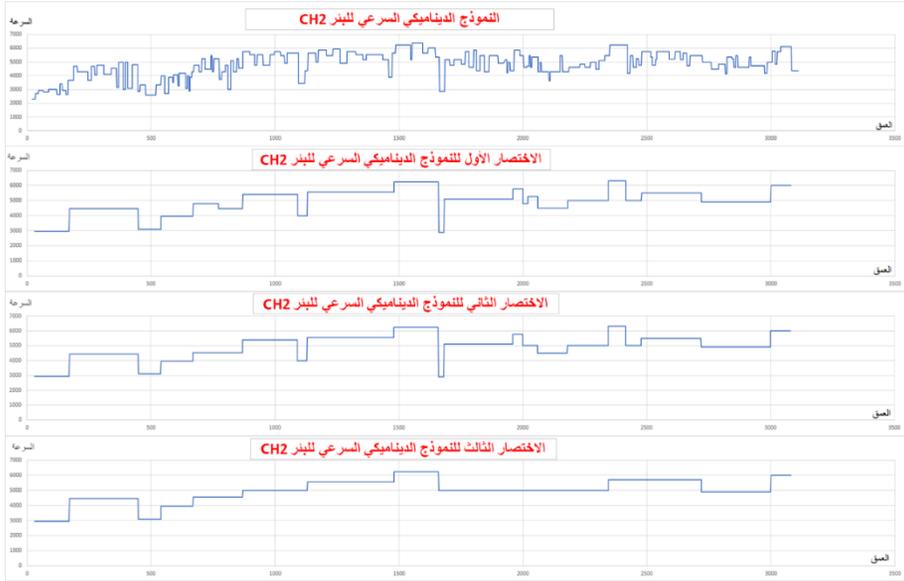
2 - انتقلنا من النموذج الديناميكي السريع الأولي إلى النموذج الطبقي السريع الفعال من خلال مجموعة تكاملات للطبقات المؤلفة للمقطع الجيولوجي ،  
(جدول 2).

معامل الانعكاس R	الكثافة $\rho$	السرعة V (متر / ثانية)	المجال العمقي (متر)	رقم الطبقة
-	2.32	2950	170 - 30	20
0.251	2.57	4450	449 - 170	19
-0.221	2.35	3100	540 - 449	18
0.148	2.49	3950	669 - 540	17
0.09	2.59	4550	870 - 669	16
0.111	2.73	5400	1091 - 870	15
-0.191	2.5	4000	1130 - 1091	14
0.208	2.75	5550	1480 - 1130	13
0.08	2.87	6250	1660 - 1480	12
-0.456	2.31	2900	1682 - 1660	11
0.342	2.68	5100	1960 - 1682	10
0.079	2.79	5750	2000 - 1960	9
-0.093	2.66	5000	2060 - 2000	8
-0.067	2.58	4500	2180 - 2060	7
0.067	2.66	5000	2345 - 2180	6
0.154	2.88	6300	2415 - 2345	5
-0.154	2.66	5000	2478 - 2415	4
0.064	2.75	5500	2720 - 2478	3
-0.076	2.65	4900	3000 - 2720	2
0.133	2.83	6000	3080 - 3000	1

جدول 2: البيانات السيزمية للنموذج السيزمي الفعال للبرنر شريفة 2

"النموذج السيزمي الطبقي الفعال واستخدامه لتفسير المعطيات الجيولوجية وتحديد السرعة السيزمية في حقل شريفة"

وجدير بالذكر أن المعيار المتبع في عمليات الاختصار المذكورة كان بالاعتماد على سماكة الطبقة وعامل الانعكاس [8]، وذلك بإهمال الطبقات الرفيعة (سماكتها أقل من ربع طول الموجة)، علماً أن طول الموجة 70 متر، وكذلك بإهمال عامل الانعكاس الصغير ( $R < 0.1$ ). وتم لكل اختصار حساب السرعة الوسطية لكل نموذج سابق للوصول إلى النموذج الطبقي الفعال (شكل 6).



شكل 6: مراحل بناء النموذج السيزمي الفعال للبئر شريفة 2

3 - قمنا بمرحلة أخيرة بإجراء مضاهاة بين النموذج الديناميكي المؤثر على مسير الموجة [10] وبين النموذج الستاتيكي ذي التأثير الطبقي المحدود (شكل 7)، فتبين وجود فرق كبير بعدد الطبقات بين النموذجين، مع وجود فوارق بالسرعة الطبقيّة بينهما، وكان للفالق العكسي دور كبير بتعقيد البنية المدروسة سيزمياً.



شكل 7: مضاهاة بين النموذج الديناميكي والنموذج الستاتيكي للبئر شريفة 2

وكانت خطوات حساب السرعة للنماذج المخلفة كما يلي:

- أولاً: حساب السرعة الوسطية للنموذج الديناميكي السريع للبئر CH2 بحسب النموذجين الستاتيكي المحسوب سابقاً والديناميكي المحسوب من قبلنا:

$$\bar{v} = \frac{\sum h_i}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

$$\bar{v} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots + h_n}{\frac{h_1}{v_1} + \frac{h_2}{v_2} + \frac{h_3}{v_3} + \dots + \frac{h_n}{v_n}}$$

حيث  $h_i$ : سماكة الطبقة.

$v_i$ : السرعة الطبقيّة.

فتبين أن:

$$\sum h_i = 3080 \text{ m}$$

"النموذج السيزمي الطبقي الفعال واستخدامه لتفسير المعطيات الجيولوجية وتحديد السرعة السيزمية في حقل شريفة"

$$\sum \frac{h_i}{v_i} = 0.667713 \text{ m}$$

$$\bar{v} = \frac{3080}{0.667713} = 4617 \text{ m/s}$$

وهي قيمة السرعة الوسطية للنموذج الديناميكي المفترض للطبقات في البئر

.CH2

- ثانيًا: حساب السرعة الوسطية للاختصار الأول للنموذج الديناميكي

السرعي للبئر CH2:

$$\bar{v} = \frac{\sum h_i}{\sum \frac{h_i}{v_i}} = 4788 \text{ m/s}$$

وهي قيمة السرعة الوسطية للاختصار الأول المفترض للنموذج الديناميكي

السرعي للبئر CH2.

- ثالثًا: حساب السرعة الوسطية للاختصار الثاني للنموذج الديناميكي

السرعي للبئر CH2:

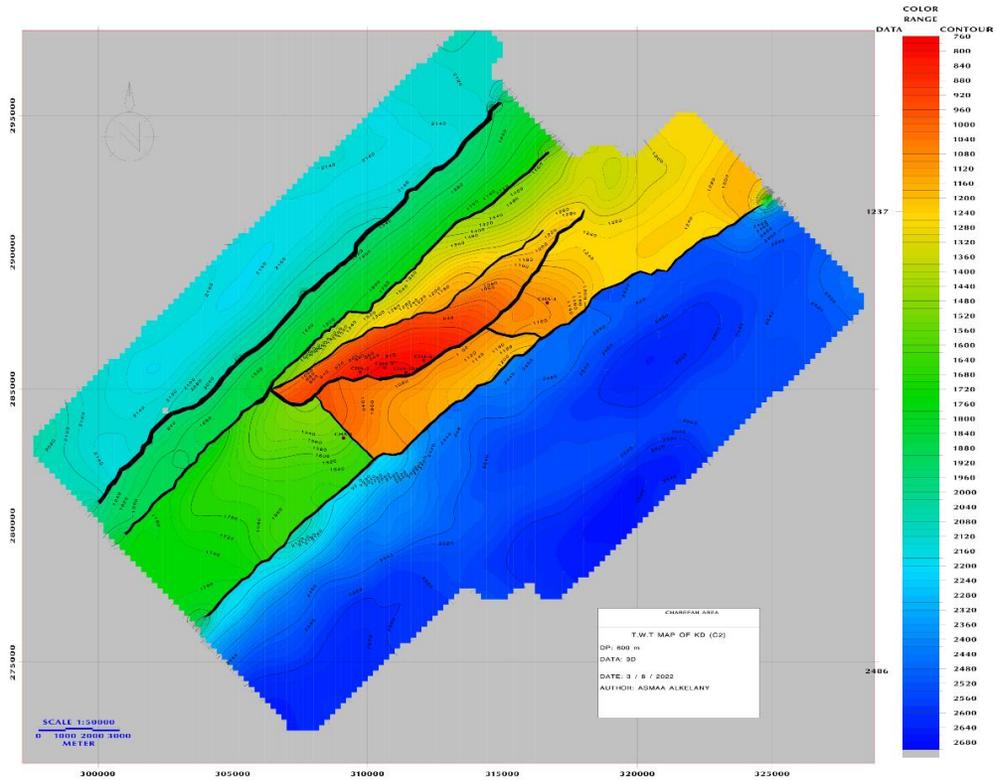
$$\bar{v} = \frac{\sum h_i}{\sum \frac{h_i}{v_i}} = 4680 \text{ m/s}$$

وهي قيمة السرعة الوسطية للاختصار الثاني للنموذج الديناميكي السرعي

للبيئر CH2 وهو النموذج السيزمي الطبقي الفعال الناتج.

تمت المقارنة بين السرعة الوسطية الناتجة عن النموذج السيزمي الطبقي الفعال (الاختصار الثاني للنموذج الديناميكي السريع للبئر شريفة 2)؛ وكانت هذه السرعة  $\bar{v} = 4680 \text{ m/s}$  ؛ مع قيم السرعة الناتجة عن النموذج السنتاتيكي المعتمد سابقاً والناتج عن الـ check - shot وكانت:  $\bar{v} = 4087 / \text{s}$  ، فكانت نسبة عدم الدقة: 13 % بين النموذجين.

تجدر الإشارة إلى أننا قمنا بالتفسير السيزمي لمعطيات حقل الشريفة باستخدام برنامج geoframe فحصنا على الخريطة الزمنية (شكل 7).

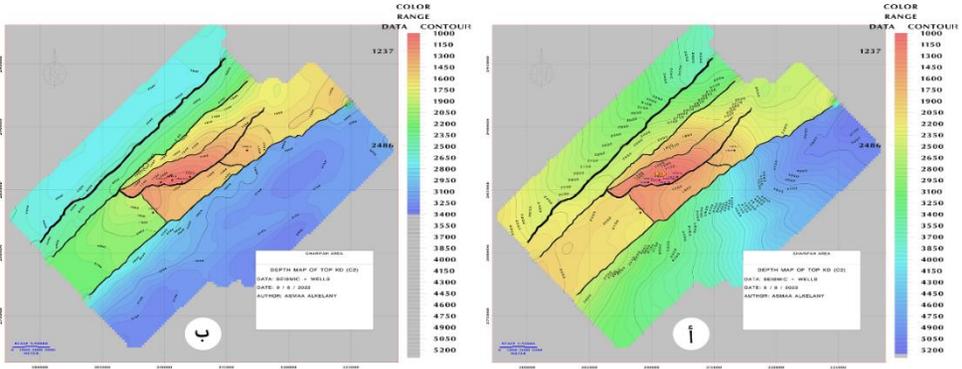


شكل 7: الخريطة الزمنية لتشكيلة الكوروشينا دولوميت لحقل الشريفة

"النموذج السيزمي الطبقي الفعال واستخدامه لتفسير المعطيات الجيولوجية وتحديد السرعة السيزمية في حقل شريفة"

وانتقلنا من الخريطة الزمنية إلى العمقية بأسلوبين:

الأول باستخدام معادلات السرعة في برنامج geoframe (شكل 8 - أ)، والثاني بناءً على قيم السرعة المحسوبة التي توصلنا إليها من النموذج الديناميكي الفعال (شكل 8 - ب).



شكل 8: إلى اليمين: الخريطة العمقية لحقل الشريفة المبنية على معادلات السرعة من برنامج geoframe، وتشير (+) إلى موقعي البئرين المقترحين للحفر، وإلى اليسار الخريطة العمقية لحقل الشريفة المبنية على السرعة المستخلصة من النموذج السيزمي الفعال الذي تم بناؤه على سجلات الـ sonic المسجلة في الآبار

## 7 - النتائج:

1 - وضع النموذج الديناميكي (البئر شريفة 2) للوسط الجيولوجي المؤلف من العديد من الطبقات (مئات الطبقات..) الممثلة بعدد كبير من النبضات اعتماداً على التسجيلات الصوتية.

2 - الانتقال من النموذج الديناميكي الطبقي إلى النموذج السريعي الفعال ومقارنته بالنموذج الستاتيكي.

3 - حساب السرعة السيزمية للنموذج الستاتيكي الموضوع سابقاً والنموذج الديناميكي المستتب.

4 - وضع خريطة زمنية وخريطة عمقية بالاعتماد على السرعة الناتجة عن ال-check-shot ومقارنتها مع الخريطة العمقية المحسوبة بناءً على النموذج السيزمي الفعال والتي تعكس دقة العمل المنجز.

6 - إمكانية استخدام الخريطة العمقية الناتجة للكشف عن المصائد الهيدروكربونية.

## 8 - التوصيات:

تعميم فكرة النموذج السيزمي الديناميكي الفعال للوصول إلى القيم الدقيقة للسرعة السيزمية الموزونة.

## المراجع:

- 1- Achaimov, T. , Barazangi, M., Alasaad, D. , Khaddour, M., Sawaf. T. (1993) "Seismic Fabric and 3D structure of the Southwestern Intracontinental Palmyride Fold Belt, Syria. The American Association Of Petroleum Geologist Bulletin, Vol.77, No.12, P 2032-2047, 10 Figs.
- 2- Al-Asimy, A. (2005) – Exploration Department, Syrian Petroleum Company.
- 3- Barazangi, M.,Chaimov, T.,Alsaad, D.,Sawaf, T.,Gebran, A, "Mesozoic and Cenozoic deformation inferred from seismic stratigraphy in the southwestern intracontinental Palmyride fold-thrust belt, Syria".
- 4- Galczynski, Y., Jacobovich, Leingrad University (1975) - Effective seismic model method.
- 5- Kurbanov XIX, Leingrad University (1979)- Various approaches to the selection of the effective seismic model of wave fields (dynamic theory of wave field spread).
- 6- Nasser, R. Journal of Ijsh-City University (2008) - Determination of reflective surfaces and effective seismic modeling on Syrian lands.
- 7- Ponikarov (1958 - 1964) - Geological Explanation Note - Palmyra Area - Al-Qaryatayn, Moscow.
- 8- Russian Academy of Sciences, Scientific Department Edition, St. Petersburg University (2018) - Seismic Interpretation Programs.

- 9- Schlumberger (1987) – Log interpretation principle-Applications, well borehole seismic, USA.
- 10- Scientific Technical Geophysical Conference for All-Russian, St. Petersburg - Experiment of the use of an effective seismic model for the interpretation of seismic data.
- 11- Syrian Petroleum Company (2007) - Seismic survey work in the Al-Daw basin - an unpublished study, Damascus, Syria.
- 12- Syrian Petroleum Company (2010) - The final report of Abu Rabah wells - an unpublished study, Damascus, Syria.
- 13- Techno-Export company (1974) - Geological reports of Syrian geology.

"النموذج السيزمي الطبقي الفعال واستخدامه لتفسير المعطيات الجيولوجية وتحديد السرعة السيزمية  
في حقل شريفة"

---