

تأثير تغير نموذج السرعة على حلول آلية البؤر الزلزالية في سوريا

د. خالد مهدي عمر*

الملخص

تمت معالجة تسجيلات الشبكة الرقمية للرصد الزلزالي في سوريا، وتم اختيار 50 هزة مسجلة في أكثر من 8 محطات من العام 2009 إلى 2011 م، وذلك من أجل دراسة تأثير تغير نموذج السرعة على حلول آلية البؤر الزلزالية وعمقها ومركزها السطحي. نموذج السرعة الأول هو المستخدم في المركز الوطني للزلازل [Ibrahim *et al.*, 2009]، أما نموذج السرعة الثاني فقد تم الحصول عليه بناءً على تقليل قيمة عدم المطابقة الوسطية (RMS) لعينة مؤلفة من 50 هزة. أظهرت النتائج أن التغيير في نموذج السرعة له تأثير ضعيف على تغير المركز السطحي للزلازل وتأثير كبير على عمق بؤرة الزلازل، وبعد حساب آلية البؤر الزلزالية من أجل نموذجي السرعة اتضح أن تغير نوع الحركة (نوع آلية البؤر) ضعيف وبقي 82% منها دون تغير (صدع عادي-عكسي-إزاحة جانبية)، أما تغير زاوية ميل واتجاه مستويات الحلول الصدعية (fault plans solutions) فقد كان كبيراً وتغير 54% منها، وهي نتائج موثوقة من أجل الشبكة المحلية في سوريا.

الكلمات المفتاحية: آلية البؤرة، نموذج السرعة، مستويات الحلول الصدعية، سورية.

* المركز الوطني للزلازل - دمشق - سوريا.

Effect of changing Velocity model on the Earthquake focal mechanism solutions in Syria

Dr. Khaled Mahdi Omar*

Abstract

Seismic digital network records were processed in Syria and 50 recorded earthquakes were selected at more than 8 stations between 2009 and 2011 in order to study the effect of the velocity model changes on the seismic focal mechanism solutions, depth and epicenters position. The first velocity model is used at the National Seismological Center [Ibrahim *et al.*, 2009]. However, the second velocity model is obtained depending on reducing the mean non-conformance (RMS) value of a sample of 50 earthquakes. The results showed that the changes in the velocity model had little effect on the location of the earthquake and a significant impact on the depth of the earthquake focus. After calculating the focal mechanism for the two velocity models, it became clear that the change in movement type (focal mechanism type) was weak and 82% of it remained unchanged (normal-reverse-strike slip), while the change in the tendency and direction of the fault plans solutions was significant and change 54 % Of them, which are reliable results for the local network in Syria.

Keywords: focal mechanism, velocity model, fault plans solutions, Syria.

* National Seismological Center-Damascus-Syria

1- مقدمة:

تبين الدراسات الزلزالية التاريخية في سوريا أن النشاط الزلزالي مرتفع للغاية ، ويوجد عدة زلازل تاريخية يتراوح قدرها Ms بين 6.5 و 7.7 تقريباً ، وهي مرتبطة بتصدعات سطحية كما هو موضح بالجدول (1) [Sbeinati et al., 2005; Ambraseys et al., 1998]. أما في فترة الزلزالية الآلية (بعد عام 1900) فلم يحدث أي زلزال أدى إلى تصدعات سطحية. وفقاً لما ورد في نشرات مركز الزلازل الدولي والمركز الوطني للزلازل في سوريا، يمكن اعتبار مستوى النشاط الزلزالي ضعيفاً إلى متوسط تقريباً، حيث لم يحدث أي زلزال في سوريا يزيد قدره على 6 منذ عام 1900 حتى الآن [ISC..., 2019].

الجدول (1) الزلازل التاريخية القوية في الجزء الشمالي لنظام البحر الميت الصدعي والصدوع المرتبطة بها

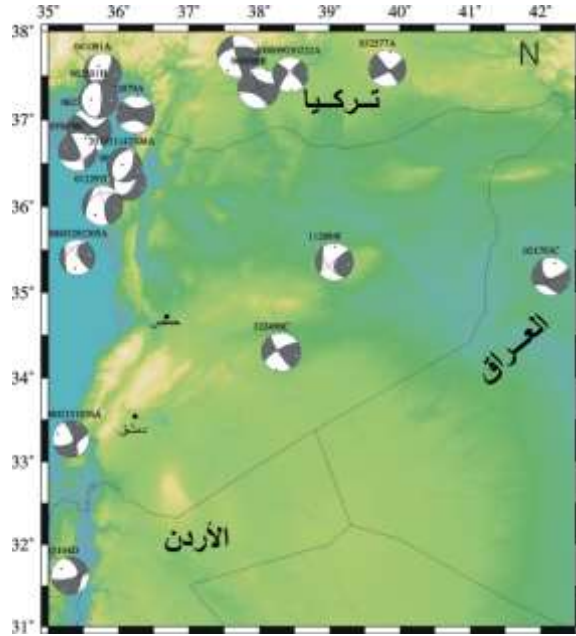
التاريخ	M _s	المناطق المتضررة بشكل أعظمي والصدع المتوافق معها
749	7.0-7.5	جنوب البقاع- منخفض الحولة، نطاق اليمونة - الغاب
859	7.0-7.5	أنطاكيا، اللاذقية، حمص، نطاق سرغايا
1063	6.5-7.0	قلعة الحصن، نطاق شمالي اليمونة
1157	7.0-7.5	أفاميا، حماه، حلب، نطاق أفاميا
1170	~7.5	مصياف، شيزر، حمص، حماه، نطاق مصياف
1202	~7.5	لبنان، وادي البقاع، منخفض الحولة، نطاق اليمونة
1408	>7.5	غرب حلب، نطاق اللاذقية
1759	~7.4	وادي البقاع، سلسلة جبال لبنان الشرقية، مرتفعات الجولان، نطاق سرغايا

يمكن الحصول على بيانات الزلازل القوية من محطات الشبكات العالمية حالياً، أما الزلازل الصغيرة فلا يمكن الحصول على بياناتها وبدقة إلا من الشبكات المحلية مثل الشبكة الرقمية السورية، في مثل هذه الحالة تزداد قيمة البيانات الزلزالية التي يتم الحصول عليها من الشبكات المحلية، لكن هنا يجب الانتباه الى أن المعرفة غير الدقيقة لنموذج السرعة يمكن أن تشوه التوزيع المكاني للزلازل. ويمكن أن تؤثر أخطاء نموذج السرعة في حلول آليات البؤر الزلزالية، حيث يتحكم نموذج السرعة في زاوية خروج الأشعة الزلزالية (Take off) من المنبع باتجاه محطات الرصد إلى حدّ كبير.

يبين الشكل (1) آليات البؤر الزلزالية في سوريا وفقاً لمعطيات جامعة هارفارد حتى عام 2013م، وغالبيتها من نمط الإزاحة الجانبية، وقد تم الحصول عليها من بيانات المحطات العالمية، وعلى مسافات كبيرة، وللزلازل القوية فقط. أما الزلازل الصغيرة والمتوسطة، فإن آلية بؤرها الزلزالية، وموقعها، وعمقها، لا يمكن تحديدها بدقة إلا من خلال الشبكة الرقمية السورية.

تم في دراسة سابقة [Omar et al., 2016] حساب آلية البؤر الزلزالية من الشبكة المحلية الرقمية في سوريا لخمس وثلاثين هزة مسجلة في 6 محطات على الأقل، وتم الحصول على 16 حلاً عادياً لآلية البؤرة الزلزالية (46% من عدد الهزات المستخدمة)، 12 حلاً عكسياً لآلية البؤرة (34%)، و 7 حلول إزاحة جانبية (20%). كما درس عبد الواحد [Abdul-Wahed et al., 2010] آلية البؤر الزلزالية في سوريا من أجل 49 هزة يزيد قدرها عن 3.5 وكان غالبيتها من نمط الإزاحة الجانبية. أما في هذا البحث فقد تمت دراسة آلية البؤر الزلزالية من أجل 50 هزة مسجلة بثماني محطات على الأقل. يمكن اعتبار هذه الدراسة منهجية بطبيعتها، والغرض منها هو

توضيح مسألة مدى تغير إحداثيات المركز السطحي للهزة، وعمقها، وآلية البؤر الزلزالية التي تم الحصول عليها من البيانات المحلية. حيث يؤدي عدم تجانس السرعة في القشرة الأرضية في سوريا دوراً مهماً فيها.

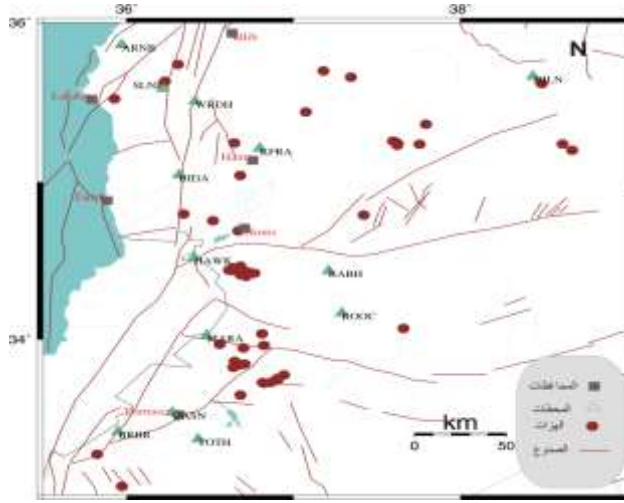


الشكل (1) آلية البؤر الزلزالية حسب معطيات جامعة هارفارد (Global CMT catalogue)

2- المعطيات وطرائق المعالجة

إن البيانات المستخدمة في هذه الدراسة هي 50 هزة تم الحصول عليها من تسجيلات الشبكة الرقمية للرصد الزلزالي في سوريا من العام 2009 حتى 2011، ومن أجل الحلول الأكثر موثوقية تم اختيار الهزات المحللة بشكل جيد، ونسبة خطأ صغيرة في حساب

مواقع البؤر $RMS < 0.9$ (RMS هي قيمة عدم المطابقة الوسطية) والمسجلة بثمانية محطات على الأقل، وتحديد التوصلات الأولية للموجة P بشكل دقيق. تم استخدام مجموعة برامج Seisan و hypocenter لتحليل الزلازل وللحصول على نموذج السرعة الثاني [Lienert et al., 1986; Lienert et al., 1991; Lienert and Havskov, 1995]، وتم حساب آلية البؤر الزلزالية من برنامج FA للمبرمج لاندر [Lander, 2004]. وتم التأكد من حساب آلية البؤر بأكثر من برنامج، مثل برنامج سيزن، وبرنامج جامعة موسكو الحكومية. لكن اعتمدنا برنامج FA لدقة حساباته، ولمرونة التعامل به، وإمكانية التحكم بمراحل عمله كافة، ومعاملاته كلها، بالإضافة إلى إمكانية تحويل نتائجه لفورمات يمكن عرضها على برامج حديثة أخرى. يبين الشكل (2) مواقع الهزات المستخدمة في هذه الدراسة.



الشكل (2): خارطة محطات الرصد الزلزالي ومواقع 50 هزة مسجلة في 8 محطات على الأقل.

3- نموذج السرعة

يستخدم المركز الوطني للزلازل حالياً نموذج السرعة الذي تم وضعه عام 2009 بناءً على معطيات الشبكة الوطنية والموضح بالجدول (2) [Ibrahim et al., 2009]، وتتغير النسبة VP / VS في هذا النموذج في كل طبقة ضمن المجال من 1.69 إلى 1.90.

في هذا البحث تم الحصول على نموذج سرعة ثانٍ بناءً على معطيات الشبكة الرقمية من العام 2009 حتى 2011 باستخدام مجموعة برامج SEISAN و hypocenter التي توفر لنا القدرة على الحصول على عدد كبير من نماذج السرعة. يتم تحديد إحداثيات جميع الزلازل المعطاة مع قيمة عدم المطابقة الوسطية (RMS) لكل نموذج ولجميع الزلازل المستخدمة. يقوم البرنامج بسرد عدة آلاف من النماذج، ثم يتم اختيار النموذج الأفضل ذي الحد الأدنى لقيمة عدم المطابقة الوسطية (RMS). نموذج السرعة الثاني موضح في الجدول (3)، وفي هذا النموذج تكون نسبة VP / VS هي نفسها في جميع الطبقات وتساوي 1.73.

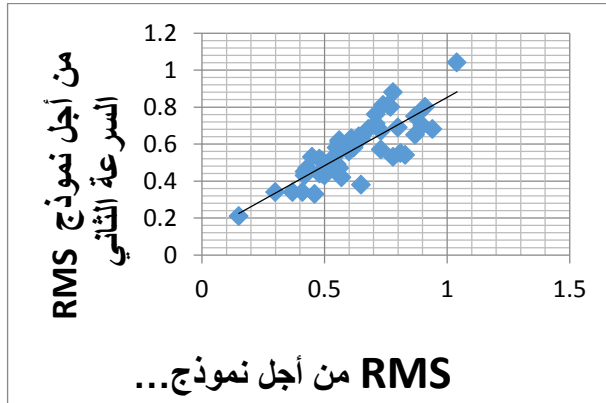
الجدول (2) نموذج السرعة الأول المستخدم حالياً في سوريا [Ibrahim et al., 2009].

N	$V_p(\text{km/sec})$	$V_s(\text{km/sec})$	V_p / V_s	$Depth (km)$
1	5.68	2.99	1.90	0
2	5.87	3.48	1.69	4
3	6.18	3.48	1.78	10
4	6.74	3.95	1.71	18
5	8.00	4.64	1.72	37.50

الجدول (3) نموذج السرعة الثاني

N	$V_p(km/sec)$	$V_s(km/sec)$	$Depth (km)$
1	5.40	3.12	0
2	5.50	3.18	6
3	6.00	3.47	11
4	6.40	3.70	19
5	8.00	4.62	39

يوضح الشكل (3) قيمة (RMS) في نموذجي السرعة الأول والثاني، وقد كانت قيمة عدم المطابقة الوسطية 0.646 لنموذج السرعة الأول، و0.595 للثاني. على الرغم من أن قيمة عدم المطابقة الوسطية للنموذج الثاني أصغر إلى حد ما، إلا أن الفرق ليس كبيراً.

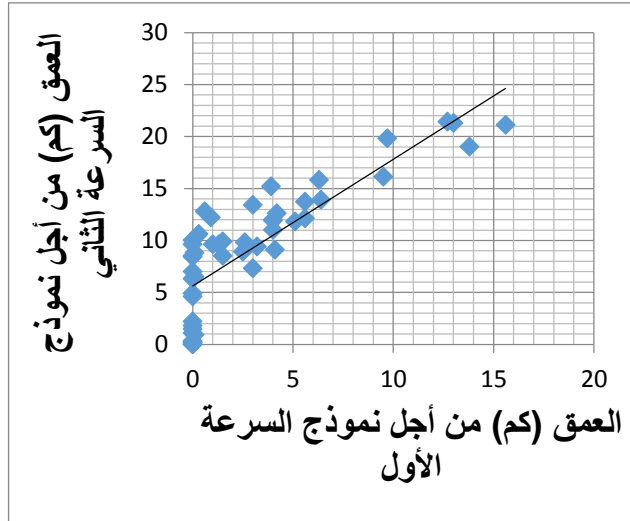


الشكل (3) قيمة عدم المطابقة الوسطية (RMS) لنموذجي السرعة الأول والثاني

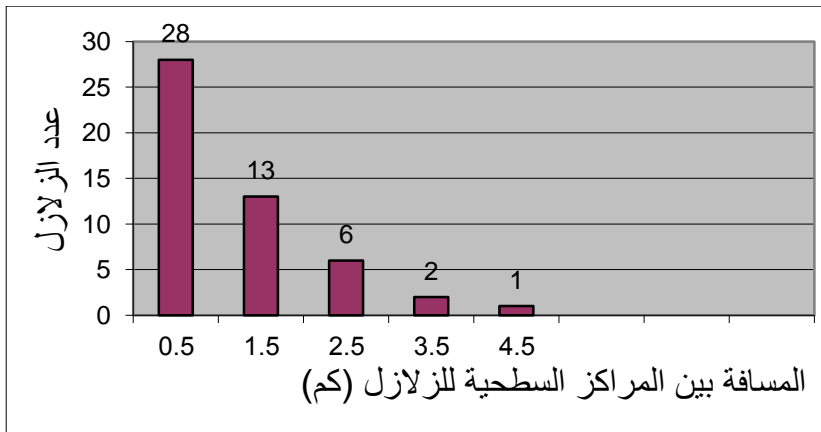
يُظهِرُ الشكل (4) أعماق البؤر Hypocenter لنموذجي السرعة الأول والثاني. في هذه الحالة يكون الفرق كبيراً، فعند استخدام نموذج السرعة الأول يوجد 17 هزة عمقها 0 كم، أما من أجل النموذج الثاني فإن أعماق هذه الهزات تتراوح من 0 حتى 10 كم (أعماق الصفر عادة ما تكون غير دقيقة، وغير مرغوب فيها في علم الزلازل) لذلك بناءً على توزيع الأعماق، وعلى قيم RMS فإن نموذج السرعة الثاني أكثر دقة. ننوه هنا أن سبب القيم الصفرية في تحديد عمق البؤرة ربما يكون ناجماً عن بطء سرعة الطبقة الأولى، أو بسبب الطبوغرافيا.

يوضح الشكل (5) قيمة تغير مواقع المركز السطحية للهزات اعتماداً على النموذج الثاني المستخدم. حيث يوجد 29 هزة تغير مركزها السطحي حوالي 0.5 كم، ويوجد 12 هزة تغير مركزها السطحي حوالي 1.5 كم، إذاً تغير المراكز السطحية من أجل 82 % من الهزات أقل من 1.5 كم، ومن ثمّ يمكن اعتبارها تغيرات طفيفة.

كان لتحسين نموذج السرعة تأثير ضعيف في حساب مواقع البؤر السطحية لكن بالمقابل كان له تأثير ملموس في حساب عمق هذه البؤر. أما معيار الجذر التربيعي لمتبقي الخطأ (RMS) لم يتغير بشكل كبير.



الشكل (4) عمق البؤر الزلزالية من أجل نمودجي السرعة



الشكل (5) تغير مواقع المراكز السطحية حسب نمودجي السرعة

4- آلية البؤر الزلزالية

تم حساب آلية البؤر الزلزالية باستخدام برنامج FA للمبرمج لاندر [Lander, 2004] من قطبيات الوصلات الأولية للموجة P للهزات نفسها المستخدمة كعينة اختبار لنموذج السرعة، وهي موضحة أعلاه، وعددها 50، ومسجلة في 8 محطات على الأقل (انظر الشكل 2). وقد تم هذا الحساب من أجل نموذجي السرعة الأول والثاني، وتم تحديد نوع الحركة (نوع الصدع)، وذلك باستخدام تصنيف من ثلاثة أنواع رئيسية حسب [Emanov A.F., 2009] كما هو موضح بالجدول (4).

الجدول (4) نمط آلية البؤرة الزلزالية على أساس زوايا تغريق محاور الإجهاد الرئيسية

حسب [Emanov A.F., 2009].

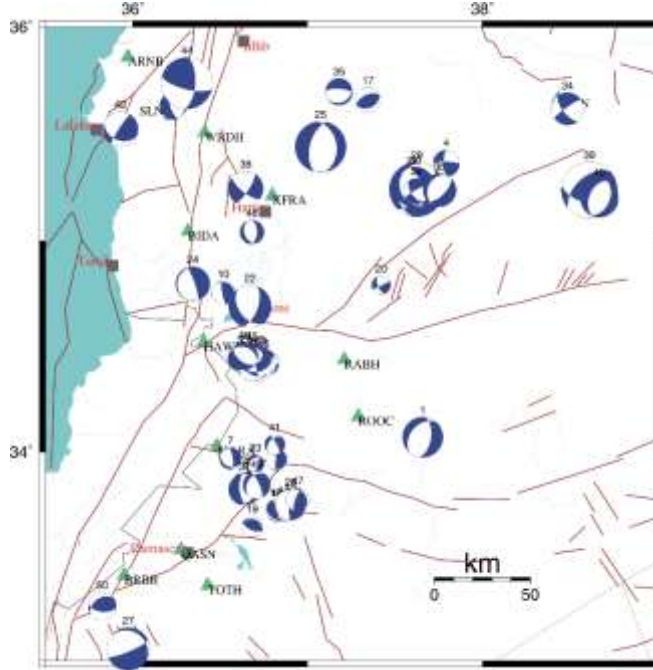
نوع الصدع	صدع إزاحة جانبية	صدع عكسي	صدع عادي
زاوية تغريق محور الضغط P	$< 45^\circ$	$\leq 45^\circ$	$\geq 45^\circ$
زاوية تغريق محور الشد T	$< 45^\circ$	$\geq 45^\circ$	$\leq 45^\circ$

من أجل نموذج السرعة الأول، وحسب التصنيف المذكور أعلاه، فقد تم الحصول على 26 صدع عادي (52% من مجموع الهزات المستخدمة)، و17 صدع عكسي (34%)، و7 صدوع إزاحة جانبية (14%). أما من أجل نموذج السرعة الثاني فقد تم الحصول على 25 صدع عادي (50%)، و19 صدع عكسي (38%)، و6 صدوع إزاحة جانبية (12%) كما هو موضح في الملحق. عند مقارنة حلول آلية البؤر الزلزالية من أجل نموذجي السرعة الأول والثاني (انظر الجدول الملحق). تبين أنه من بين الحلول الخمسين لآلية البؤر الزلزالية تغير نوع الحركة (نوع آلية البؤرة)

لتسع هزات، أي ما يعادل 18% لعيناتنا. أما بالنسبة لتغير زاوية ميل مستويات الحلول الصدعية واتجاهها، فقد تم اعتماد المعيار التالي: إذا كان التغير أقل من 10 درجات فهو طفيف، وإذا كان 10-30 درجة فهو متوسط، أما إذا كان أكبر من 30 درجة فيمكن اعتباره كبيراً. بناءً على هذا المعيار وجدنا أن تغير نموذج السرعة أثر في 27 هزة من أصل 50 هزة (تغير ميل مستويات الحلول الصدعية واتجاهها من أجل 54% من الهزات المدروسة بدرجات متفاوتة). وتراوحت هذه التغيرات بين الطفيفة (14 هزة)، والمتوسطة (6 هزات)، والكبيرة (7 هزات)، وهي موضحة بالجدول الملحق. ننوه هنا أنه عند تغير نموذج السرعة وعمق البؤرة تتغير زاوية خروج الأشعة الزلزالية (Take off) من المنبع، ومن ثم تتغير مواقع بعض نقاط الدراسة على شبكة الاستقطاب والإسقاط الستيريوغرافي.

يبين الشكل (6) خارطة آلية البؤر الزلزالية المدروسة من أجل نموذج السرعة الثاني، والمسجلة في 8 محطات على الأقل، والتي تم الحصول عليها من تسجيلات الشبكة الرقمية من العام 2009 حتى 2011، وهنا نشير إلى أن كافة الهزات المدروسة صغيرة، ولا يتجاوز قدرها المحلي 3.3 على مقياس ريختر.

إن حلول آليات بؤر الهزات الصغيرة متنوعة بين حلول عادية وعكسية وإزاحة جانبية، لأنها على الأرجح مرتبطة بالصدوع الصغيرة متعددة الاتجاهات.



الشكل (6) آلية البؤر الزلزالية المدروسة

5- المناقشة والاستنتاجات

تم في هذا البحث دراسة تأثير تغير نموذج السرعة على آلية البؤر الزلزالية وعلى المراكز السطحية للهزات وأعماقها. تبين أنه على الرغم من اختلاف نماذج السرعة المستخدمة فإن ذلك لا يؤثر من الناحية العملية على المراكز السطحية للهزات (مواقعها)، لكن التأثير كان كبيراً عند حساب أعماق الهزات. نذكر أنه من أجل دقة التجربة تم اختيار 50 هزة سجلت في عدد كبير نسبياً من المحطات في عينة الاختبار (8 محطات على الأقل)، لذلك يرتبط هذا الاستنتاج ببيانات عالية الجودة.

إن تطوير نموذج السرعة في هذه الدراسة كان يعتمد على انخفاض قيمة عدم المطابقة الوسطية (RMS)، واختفاء الأعماق الصفرية للهزات، وهو مؤشر على أنه يمكن الحصول على نموذج سرعة أكثر دقة للقشرة الأرضية في سوريا، لكن حجم العينة لدينا يمكن اعتباره غير كاف لهذا الغرض، وكان التركيز في هذا البحث على مدى تأثير تغير نموذج السرعة على مواقع الهزات وأعماقها، وعلى حلول آلية البؤر الزلزالية.

بالنسبة لتأثير نموذج السرعة على آلية البؤر الزلزالية فقد تغير نوع الحركة (نوع آلية البؤرة) لتسع هزات أي ما يعادل 18% لعيناتنا، وبقي 82% من الحلول دون تغيير (صدع عادي-عكسي-إزاحة جانبية). أما بالنسبة لتغير زاوية ميل مستويات الحلل الصدعية واتجاهها، فقد كان تأثيرها كبيراً، حيث إن تغير نموذج السرعة أثر في 27 هزة من أصل 50 هزة (أي تغير ميل مستويات الحلل الصدعية واتجاهها من أجل 54% من الهزات المدروسة). وتراوحت هذه التغيرات بين الطفيفة (14 هزة)، والمتوسطة (6 هزات)، والكبيرة (7 هزات)، وهي موضحة بالجدول الملحق. وهكذا تم الحصول على فكرة واقعية إلى حد ما عن التفاصيل المسموح بها للنماذج السيسموتكتونية المستندة إلى البيانات السيسمولوجية حول التوزيع المكاني للزلازل وآليات بؤرها. لا بد من الإشارة هنا إلى أن نتائج هذا البحث قد حصلنا عليها بالاعتماد على تسجيلات الشبكة الرقمية في سوريا فقط، ولم يتم إدراج نتائج تسجيلات الدول المجاورة أو المراكز الزلزالية العالمية.


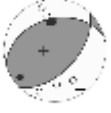
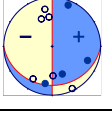

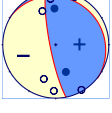
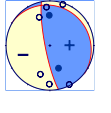

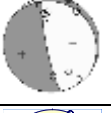
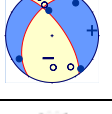
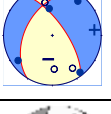

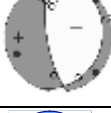
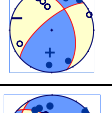
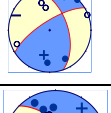
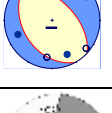
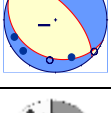

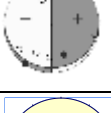
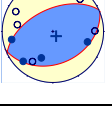
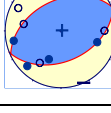
مما سبق يمكن تلخيص أهم النتائج التي تم الحصول عليها في هذا البحث فيما يأتي:

- 1- تم الحصول على نموذج سرعة ثان يعتمد على انخفاض قيمة عدم المطابقة الوسطية (RMS) واختفاء الأعماق الصفيرية للزلازل، وهو مؤشر على أنه يمكن الحصول على نموذج سرعة أكثر دقة للقشرة الأرضية في سوريا.
- 2- تغير نموذج السرعة تأثيره ضعيف على تحديد مواقع المراكز السطحية للهزات، حيث إن 82 % من الهزات تغير موقعها أقل من 1.5 كم.
- 3- إن تغير نموذج السرعة تأثيره كبير على تحديد عمق الهزة، فعند استخدام نموذج السرعة الأول يوجد 17 زلزال عمقها 0 كم. أما من أجل النموذج الثاني فإن أعماق هذه الهزات تتراوح من 0 حتى 10 كم.
- 4- تأثير تغير نموذج السرعة على نوع الحركة (نوع آلية البؤر الزلزالية) ضعيف، حيث بقي 82% من الحلول دون تغيير (صدع عادي -عكسي- إزاحة جانبية).
- 5- كان لتغير نموذج السرعة تأثير كبير وملحوس على زاوية ميل مستويات الحلول الصدعية واتجاهها، حيث تغير 54% من الهزات المدروسة.



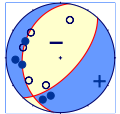
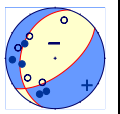
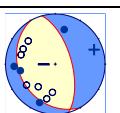
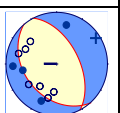
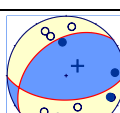
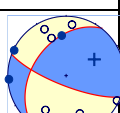
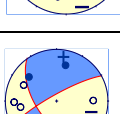
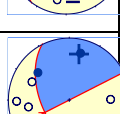
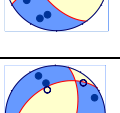
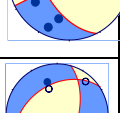
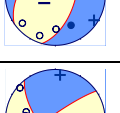
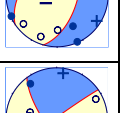
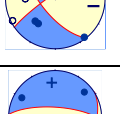
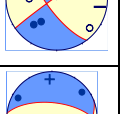
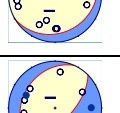
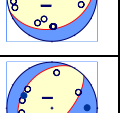
7- الملحق

نوع آلية البؤر الزلزالية من أجل نموذجي السرعة الأول والثاني (الدوائر السوداء الصغيرة تمثل الضغط، الدوائر البيضاء الصغيرة تمثل الشد، إشارات الموجب والسالب هي محاور الإجهاد الرئيسية للضغط، وللشد على التوالي).

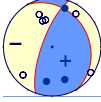
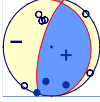
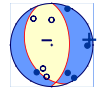
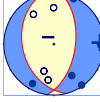
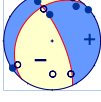
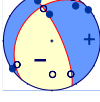
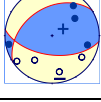
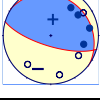
No	التاريخ والوقت	القدر MI	آلية البؤرة من أجل نموذج السرعة الأول	نوع الحركة 1 (الصدع)	آلية البؤرة من أجل نموذج السرعة الثاني	نوع الحركة 2 (الصدع)	تغير نوع الحركة (نوع آلية البؤرة)	تغير ميل واتجاه مستويات الحلل الصدعية
1	04/03/2009 03:08:09	2.4		عكسي		عادي	تغير	كبير
2	29/04/2009 09:02:45	1.6		عكسي		عكسي	لم يتغير	لم يتغير
3	31/07/2009 01:11:28	1.6		عادي		عادي	لم يتغير	طفيف
4	24/09/2009 20:56:37	1.6		إزاحة جانبية		إزاحة جانبية	لم يتغير	لم يتغير
5	26/12/2009 10:46:49	1.5		عادي		عادي	لم يتغير	طفيف
6	26/12/2009 11:19:18	1.5		عكسي		عكسي	لم يتغير	لم يتغير
7	06/01/2010 06:52:18	1.3		عادي		عادي	لم يتغير	طفيف

كبير	تغير	عادي		عكسي		1.4	10/01/2010 11:42:35	8
طفيف	لم يتغير	عادي		عادي		1.5	16/01/2010 10:27:20	9
لم يتغير	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.4	17/01/2010 12:49:06	10
كبير	تغير	عكسي		عادي		1.1	06/02/2010 11:17:13	11
لم يتغير	لم يتغير	عادي		عادي		1.2	06/02/2010 13:34:55	12
كبير	تغير	عكسي		عادي		1.5	07/02/2010 14:09:49	13
لم يتغير	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.2	20/02/2010 12:15:40	14
طفيف	لم يتغير	عادي		عادي		1.5	21/03/2010 11:26:36	15
طفيف	تغير	عكسي		عادي		1.3	11/04/2010 00:20:13	16
لم يتغير	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.5	22/04/2010 00:38:47	17

طفيف	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.2	25/04/2010 11:07:57	18
متوسط	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.3	03/05/2010 08:29:59	19
كبير	تغير	إزاحة جانبية		عادي		1.1	03/05/2010 19:47:31	20
طفيف	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.7	08/05/2010 11:14:32	21
لم يتغير	لم يتغير	عادي		عادي		2.5	15/05/2010 11:09:44	22
لم يتغير	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.7	22/05/2010 08:57:28	23
طفيف	لم يتغير	عادي		عادي		2	10/06/2010 06:19:13	24
طفيف	لم يتغير	عادي		عادي		3	21/06/2010 19:17:46	25
طفيف	تغير	عكسي		عادي		1.8	09/08/2010 10:38:26	26
لم يتغير	لم يتغير	عادي		عادي		2.6	20/08/2010 02:39:33	27

كبير	تغير	عادي		إزاحة جانبية		2.1	04/09/2010 10:00:45	28
لم يتغير	لم يتغير	عادي		عادي		3.2	26/09/2010 10:17:00	29
طفيف	لم يتغير	عادي		عادي		2.4	26/09/2010 10:24:25	30
متوسط	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.9	09/10/2010 08:30:47	31
لم يتغير	لم يتغير	إزاحة جانبية		إزاحة جانبية		1.5	11/10/2010 00:53:40	32
لم يتغير	لم يتغير	عادي		عادي		1.1	22/10/2010 21:55:22	33
لم يتغير	لم يتغير	إزاحة جانبية		إزاحة جانبية		1.9	12/11/2010 20:25:02	34
لم يتغير	لم يتغير	عادي		عادي		1.6	16/11/2010 06:01:52	35
لم يتغير	لم يتغير	عادي		عادي		2	27/11/2010 23:20:56	36

كبير	تغير	عادي		إزاحة جانبية		1.9	04/12/2010 10:02:38	37
لم يتغير	لم يتغير	إزاحة جانبية		إزاحة جانبية		2.1	19/12/2010 19:51:02	38
لم يتغير	لم يتغير	عكسي		عكسي		3.3	20/12/2010 21:31:15	39
طفيف	لم يتغير	عادي		عادي		2.3	23/12/2010 02:04:35	40
متوسط	لم يتغير	عادي		عادي		1.2	16/02/2011 20:07:42	41
متوسط	لم يتغير	عكسي		عكسي		2.1	18/02/2011 21:00:17	42
لم يتغير	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.8	13/03/2011 10:34:04	43
لم يتغير	لم يتغير	إزاحة جانبية		إزاحة جانبية		3.1	17/03/2011 18:54:25	44
لم يتغير	لم يتغير	عادي		عادي		1.3	20/03/2011 11:37:10	45
متوسط	لم يتغير	عادي		عادي		1.6	28/03/2011 10:48:36	46

طفيف	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.4	28/03/2011 11:04:46	47
لم يتغير	لم يتغير	عادي		عادي		1.4	03/05/2011 09:48:36	48
لم يتغير	لم يتغير	عادي		عادي		1.6	15/05/2011 03:17:21	49
متوسط	لم يتغير	عكسي		عكسي		1.7	08/06/2011 21:26:2011	50

6- المراجع

- 1- Abdul-Wahed M.K., Al-Tahhan I., 2010. Preliminary outline of the seismologically active zones in Syria. *Annals of Geophysics*, 53, 4; doi: 10.4401/ag- 4683.
- 2- Ambraseys, N.N. and J.A. Jackson (1998): Faulting associated with historical and recent earthquakes in Eastern Mediterranean region, *Geophys. J. Int.*, 133, 390-406.
- 3- Emanov A.F., Emanov A.A., Leskova E.V., Kolesnikov Yu.I., Fateev A.V., Filina A.G. Chuy earthquake on September 27, 2003 with $M = 7.3$, $KR = 17.1$ (Gorny Altai). Russian Academy of Sciences Geophysical Survey, Earthquakes of Northern Eurasia 2003, Obninsk 2009. (In Rus).
- 4- Global CMT catalogue. <http://www.globalcmt.org/CMTsearch.html>
- 5- International Seismological Centre, *On-line Bulletin*, <http://www.isc.ac.uk>, Internatl. Seis. Cent., Thatcham, United Kingdom, 2019.
- 6- ISC..., 2019. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/>
- 7- Lander A.V., 2004. Complex programs determination of earthquake focal mechanisms, and their graphic representation. Report: Integrated seismic and geophysical studies of Kamchatka and the Commander Islands. RAS HS OMSP Kamchatka, Petropavlovsk-Kamchatsky, (In Rus).
- 8- Lienert, B. R. E., Berg, E., and Frazer, L. N. (1986). Hypocenter: An earthquake location method using centered, scaled, and adaptively least squares. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 76:771-783.
- 9- Lienert, B. R. E. (1991). Report on modifications made to Hypocenter. Technical report, Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen, Bergen, Norway.

- 10- Lienert, B. R. E. and Havskov, J. (1995). A computer program for locating earthquakes both locally and globally. *Seis. Res. Lett.*, 66:26-36.
- 11- Omar K.M., Kiki Kharsi N., (2016). The mechanism of seismic foci and determining the trends of the current tectonic stress field using digital network records at the National Seismological Center in Syria. *Damascus University Journal for Basic Sciences*, Volume 32-Second Issue -2016, page 199-215.
- 12- Rami Ibrahim, Hiroshi Takenaka, Mohamad Daoud, Tatsuhiko Hara; 1-D Velocity model for Syria from local Earthquake Data. *Active Tectonic Studies and Earthquake Hazard Assessment in Syria and Neighboring Countries 17-19 November 2009 ASST, Syria.*
- 13- Sbeinati M.R., Darawcheh R., Mouty M., 2005. The historical earthquakes of Syria: an analysis of large and moderate earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D. *Ann. Geophys.* Vol. 48, N 3. P. 347–435.