

دراسة عن معامل التصفية في حالة التصفية العكسية

رياض طيفور

قسم الجيولوجيا - كلية العلوم - جامعة دمشق - سورية

تاريخ الإيداع 2006/04/30

قبل للنشر في 2006/12/05

الملخص

يهدف البحث إلى دراسة تأثير طول معامل التصفية المحسوب في عملية التصفية العكسية في نتائج عملية التصفية للمعطيات السيزمية. كتبت في هذا البحث جميع البرامج المستخدمة في تحديد الإشارة السيزمية وحسابات معامل التصفية وتنفيذ عملية الثني من قبل المؤلف، كما أجريت عملية حساب لمعاملات تصفية بأطوال مختلفة انطلاقاً من معطيات سيزمية حقلية من موقعي سد الصايغ في محافظة السويداء وسد راجو في محافظة حلب، ودرس تأثير هذه الأطوال المختلفة في نتائج التصفية. كذلك أجريت في هذا البحث تجارب على تقصير لطول معامل التصفية المحسوب ودراسة تأثير هذا التقصير في نتائج التصفية.

بينت النتائج أنه يمكن استخدام أطوال صغيرة لمعامل التصفية المحسوب دون أن يؤثر ذلك في قدرة التمييز على المقطع السيزمي، كما أظهرت التجارب أن تقصير معامل التصفية المحسوب يتعلق بطول معامل التصفية.

الكلمات المفتاحية: التصفية العكسية، عملية فك الثني، معامل التصفية.

A study about the filter-operator by the inverse filtering

Riad Taifour

Department of Geology -Faculty of Sciences-Damascus University-Syria

Received 30/04/2006

Accepted 05/12/2006

ABSTRACT

This research aimed to study the lengths effect of calculated filter- operator by inverse filtering on the seismic data filtering. All programs used for estimating the seismic signal, calculate the Filter- operator and performing the Convolution were written by author.

Some experiences about the influence of the length of filter-operator of the outcomes of the inverse filtering were performed. The seismic data used in this research were measured in two different areas in Syria, Alsaegh dam nearby Sueda City and Rajo dam nearby Aleppo City. In addition, experiences are carried out to test the effect of shortening the length of filter-operator.

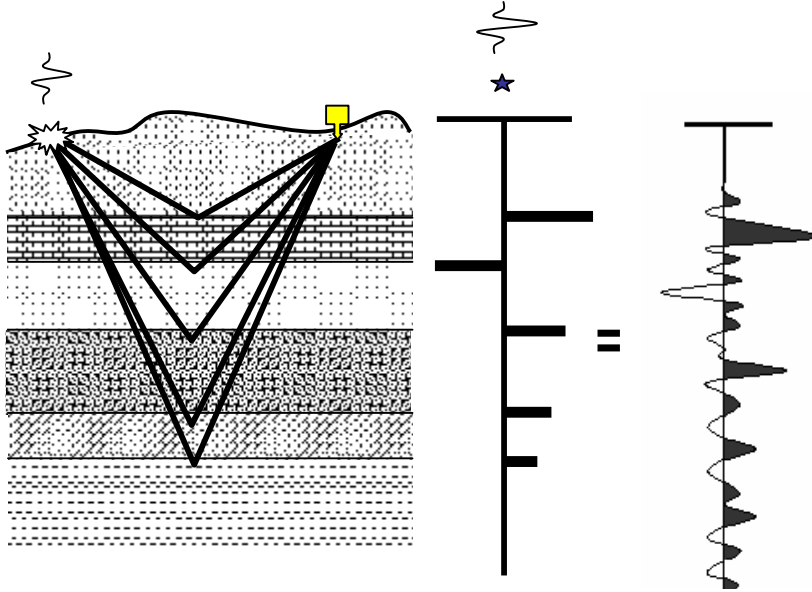
The results showed that small length of filter-operators can be used by inverse filtering without negative effect on the resolution of seismogram. In addition we noticed that shortening the length of filter-operator depend on the length of calculated filter-operator.

Key words: Inverse filtering, Deconvolution, Filter operator.

1- الخلفية والمبررات:

من المعروف أن عمليات المسح السيزمي تهدف بشكل رئيس إلى الوصول إلى إشارة سيزمية ذات محتوى ترددي عالٍ يمكن أن تؤمن قدرة تمييز عالية تساعد في عملية التفسير. يواجه تحقيق هذا الهدف كثيراً من الصعوبات، فعلى الرغم من أن كل التطورات التي حصلت على التجهيزات السيزمية سواء ما يتعلق بمصادر توليد الطاقة أو تجهيزات التسجيل، فإن تحقيق هذا الهدف في الحقل مباشرة ما زال صعباً، لهذا يلجأ إلى استخدام طرائق المعالجة اللاحقة للمعطيات السيزمية، وتعد طريقة التصفية العكسية إحدى أهم طرائق المعالجة الرقمية للمعطيات السيزمية، والتي تهدف بالدرجة الأولى إلى رفع المحتوى الترددي للإشارة على الأثر السيزمي من خلال التخلص من معظم مصادر التشويش التي تدخل على هذه الإشارة منذ لحظة توليدها حتى إعادة تسجيلها على سطح الأرض (Hearn & Voss, 2003). وتأتي أهمية هذه الطريقة من الدور الكبير الذي تؤديه في رفع قدرة التمييز في المقطع السيزمي، لهذا تطبق عادة في مراحل مختلفة في أثناء معالجة المعطيات السيزمية.

من المعلوم أن الأثر السيزمي المسجل بالحقل يُعد نتاجاً لعملية التثني (Convolution) بين الإشارة السيزمية المرسلية من منبع توليد الطاقة ومعامل الانعكاس الممثل لباطن الأرض (Yilmaz, 1989, Meskó, 1984) (الشكل 1).



الشكل (1) مبدأ الحصول على الأثر السيزمي

يُعبّر عن عملية التثبي هذه رياضياً كالتالي:

$$y(t) = r(t) * w(t) + n(t)$$

حيث: $y(t)$: الأثر السيزمي. $r(t)$: معامل الانعكاس.

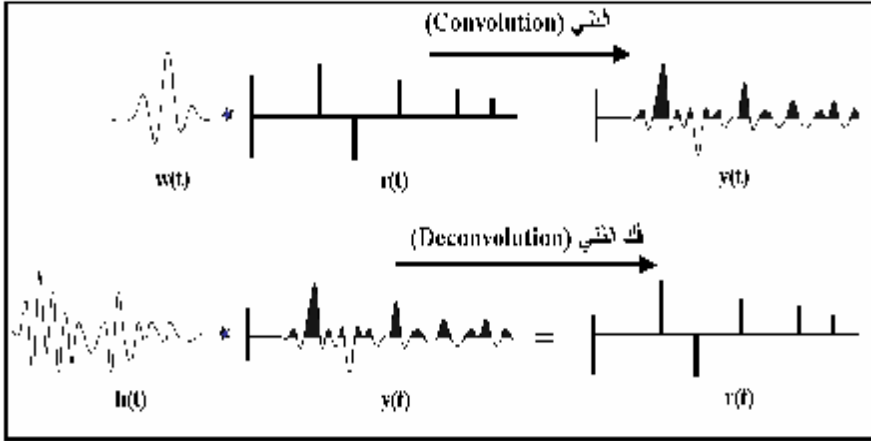
$w(t)$: الإشارة المرسلّة. $n(t)$: التشويش.

كما يُعبّر رياضياً عن عملية التصفية العكسية (inverse filtering) بعملية فك التثبي (Deconvolution) (الشكل 2) وذلك كالتالي (Barragan, 1999, & Bacon, Simm, Redshaw, 2003):

$$r(t) = y(t) * h(t)$$

إذ تمثل: $r(t)$: عامل الانعكاس الذي يمثل باطن الأرض.

$y(t)$: الأثر السيزمي. $h(t)$: معامل التصفية.



الشكل (2) التمثيل البياني لعملية التثبي (Convolution) وفك التثبي (Deconvolution).

إذاً الهدف الرئيس لعملية التصفية العكسية هو الوصول إلى عامل الانعكاس الذي يمثل باطن الأرض. هذا يعني التخلص من كل التأثيرات التي حصلت على الإشارة خلال مرورها في نظام التسجيل (المنبع، الأرض، الكابلات، التجهيزات،....). عملياً هذا الشيء غير ممكن، فنحن لا نستطيع الحصول على معامل الانعكاس الحقيقي وإنما نسعى إلى الحصول على معامل انعكاس مثالي قدر الإمكان باستخدام التصفية العكسية.

هناك طرائق متعددة للتصفية العكسية تختلف عن بعضها بعضاً بمبدأ عملها وتتمايز حسب الهدف الذي تُطبق من أجله، إلا أن جميعها يحتاج إلى حساب معامل التصفية. ولمعامل التصفية المحسوب أهمية كبيرة وتأثير مباشر في نتائج التصفية. من جهة أخرى يحتاج حساب معامل التصفية إلى تحديد الإشارة السيزمية انطلاقاً من المعطيات

السيزمية، ويختلف تحديد هذه الإشارة من طريقة إلى أخرى (Kelamis & Chiburis, 1988)، خلافاً لطريقة حساب معامل التصفية التي غالباً ما تكون متشابهة.

من أجل حساب معامل التصفية في هذا العمل اعتمدت طريقة تابع الارتباط الذاتي، التي تشترط أن تكون الإشارة المحددة ذات طور أصغري وتوزع معامل الانعكاس عشوائي، وكذلك تفترض أن تابع الارتباط الذاتي للأثر السيزمي هو نفسه تابع الارتباط الذاتي للإشارة السيزمية علماً أن هذه الافتراضات يمكن أن تؤثر سلباً في نتائج التصفية العكسية (Porstendorfer & Koehler, 1981). فضلاً عن ذلك هناك معاملات عديدة أخرى تؤثر بشكل واضح في نتائج التصفية العكسية أهمها طول النافذة التي نختارها لحساب تابع الارتباط الذاتي وطول معامل التصفية (Barragan, 1999).

ونظراً لأن طول معامل التصفية متغير يُترك اختياره للمعالج، كما أنه يؤثر في قدرة التمييز في المقطع السيزمي وزمن المعالجة، إذ يساعد تقصيره في تخفيض زمن المعالجة، فقد هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير طول معامل التصفية في نتائج عملية التصفية العكسية للمعطيات السيزمية.

2- العمل المنجز:

نُفذ هذا البحث على عدة مراحل:

المرحلة الأولى:

في هذه المرحلة اختيرت بعض المقاطع السيزمية من معطيات سيزمية ضحلة (Shallow seismic) وقيست في بعض المواقع في سورية بهدف استكشاف المجالات القريبة من السطح (في موقع سد الصايغ جنوب سورية وفي موقع سد راجو شمال سورية). تم تحصيل هذه المعطيات باستخدام جهاز مسح سيزمي نموذج Terraloc Mark 3 مزود بـ 24 قناة. خزنت المعطيات المسجلة بالحقل على وسائط تخزين (أقراص مرنة) باستخدام صيغ تسجيل (Format) خاصة بالجهاز من النمط ABM.

المرحلة الثانية:

كُتبت برامج خاصة من أجل قراءة هذه المعطيات، إذ جرى تحويل هذه المعطيات إلى الشيفرة أسكي (Ascii Code).

المرحلة الثالثة:

حُدِّت الإشارة على آثار سيزمية محددة من المقاطع المختارة وبعد ذلك حُسب معامل التصفية باستخدام برنامج خاص أُعد وكتب لهذا الغرض.

في هذا البرنامج تُحدد الإشارة باستخدام تابع الارتباط الذاتي (Auto Correlation function) حيث يجري تحديد نافذة على الأثر السيزمي ويتم بالنسبة لهذه النافذة حساب

تابع الارتباط الذاتي ومن ثم حساب تحويل فورييه له (Blahut, 1985). سيمثل الناتج لهذه العملية طيف الطاقة. بأخذ الجذر التربيعي لطيف الطاقة فإننا سنحصل على طيف السعة، وبإعادة حساب تحويل فورييه العكسي لطيف السعة سوف نحصل على الإشارة السيزمية. تُحدد بداية النافذة المختارة ونهايتها على الأثر السيزمي يدوياً وذلك من خلال عرض المقطع السيزمي على الشاشة، ويحدد هنا نطاق اختيار النافذة بحيث يكون بعيداً عن مجال التشويش وعن الموجات السطحية.

المرحلة الرابعة:

حُسب في هذه المرحلة معامل التصفية على أساس الإشارة المحددة وذلك باستخدام خوارزمية وينر ليفينسون (Wiener-Levinson) (Yilmaz, 1989, Burkhard, 1991, Buttks, 2000) التالية:

$$\begin{bmatrix} j_{y,y}^{(0)} & j_{y,y}^{(-1)} & \dots & j_{y,y}^{(-m)} \\ j_{y,y}^{(1)} & j_{y,y}^{(0)} & \dots & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ j_{y,y}^{(m)} & j_{y,y}^{(m-1)} & \dots & j_{y,y}^{(0)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h(0) \\ h(1) \\ \vdots \\ h(n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} j_{y,w}^{(0)} \\ j_{y,w}^{(0)} \\ \vdots \\ j_{y,w}^{(m+n-1)} \end{bmatrix}$$

حيث: $j_{y,y}(t)$: الارتباط الذاتي للأثر السيزمي.

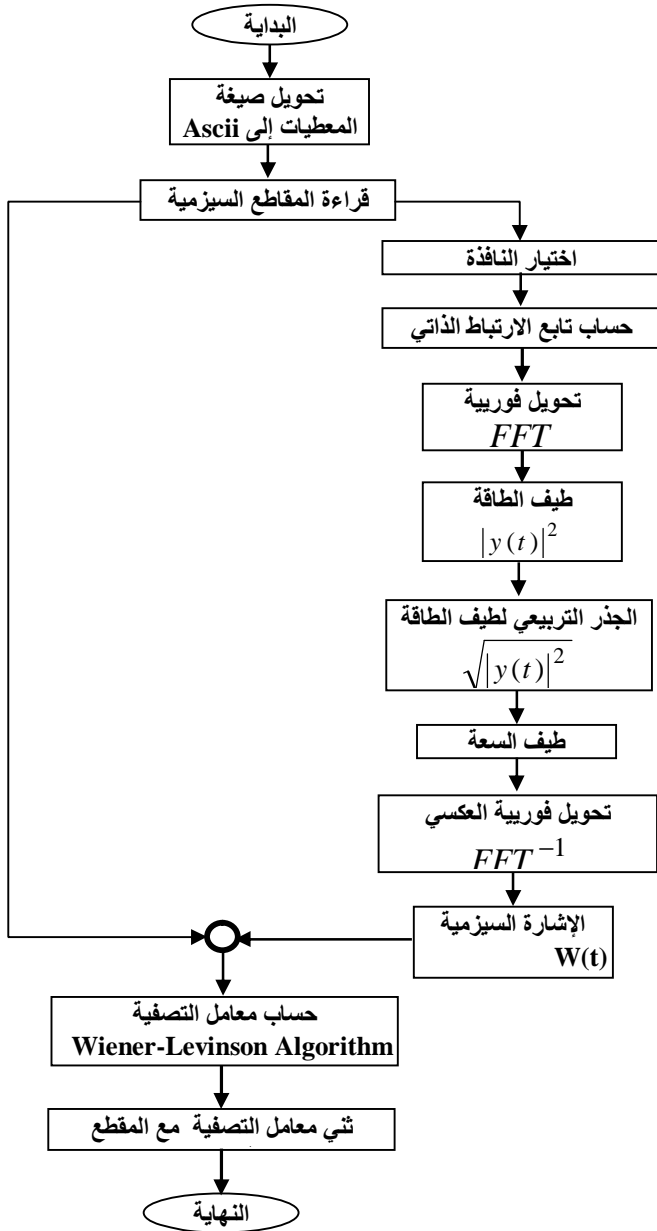
$j_{y,w}(t)$: الارتباط المتصالب بين الأثر السيزمي والإشارة المحددة.

$h(t)$: معامل التصفية.

من أجل تحقيق ذلك كُتب برنامج خاص آخر لتنفيذ هذه الحسابات حيث استُخدمت طريقة مربع الخطأ الأصغري من أجل الوصول إلى أفضل حالة مثالية لمعامل التصفية.

المرحلة الخامسة:

أنجزت في هذه المرحلة عملية التصفية العكسية من خلال تنفيذ عملية التثني بين معامل التصفية المحدد والآثار السيزمية (المقطع السيزمي). ويبين الشكل (3) المخطط التدفقي لمراحل العمل المختلفة.



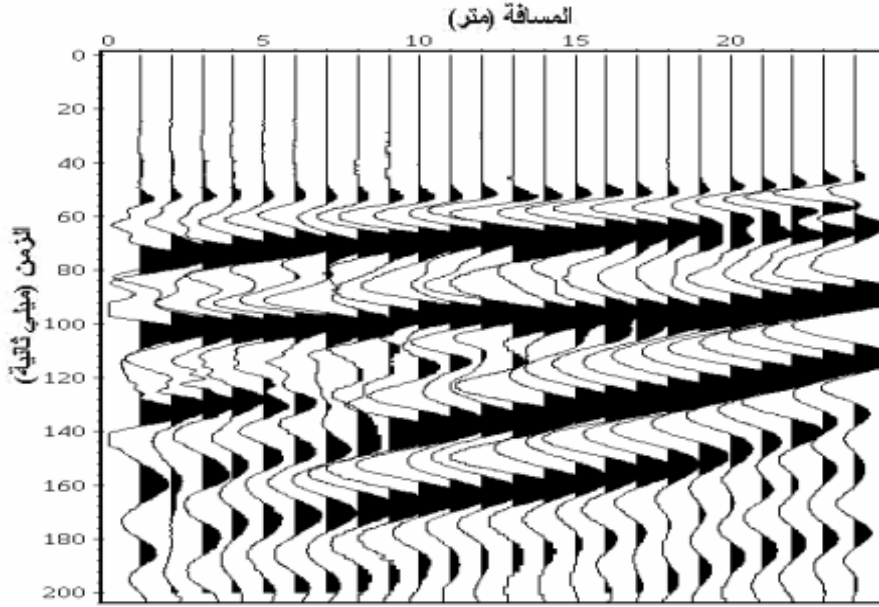
الشكل (3) المخطط التدفقي لعملية التصفية العكسية.

النتائج واختبارها

ذكرنا أنه يتم في المرحلة الخامسة إنجاز عملية التصفية العكسية من خلال تنفيذ عملية ثني بين معاملات التصفية المحددة ذات الأطوال المختلفة وبين المقطع السيزمي الذي حُدثت عليه. وقد اختبرت النتائج المتحصل عليها وفق حالتين مختلفتين:

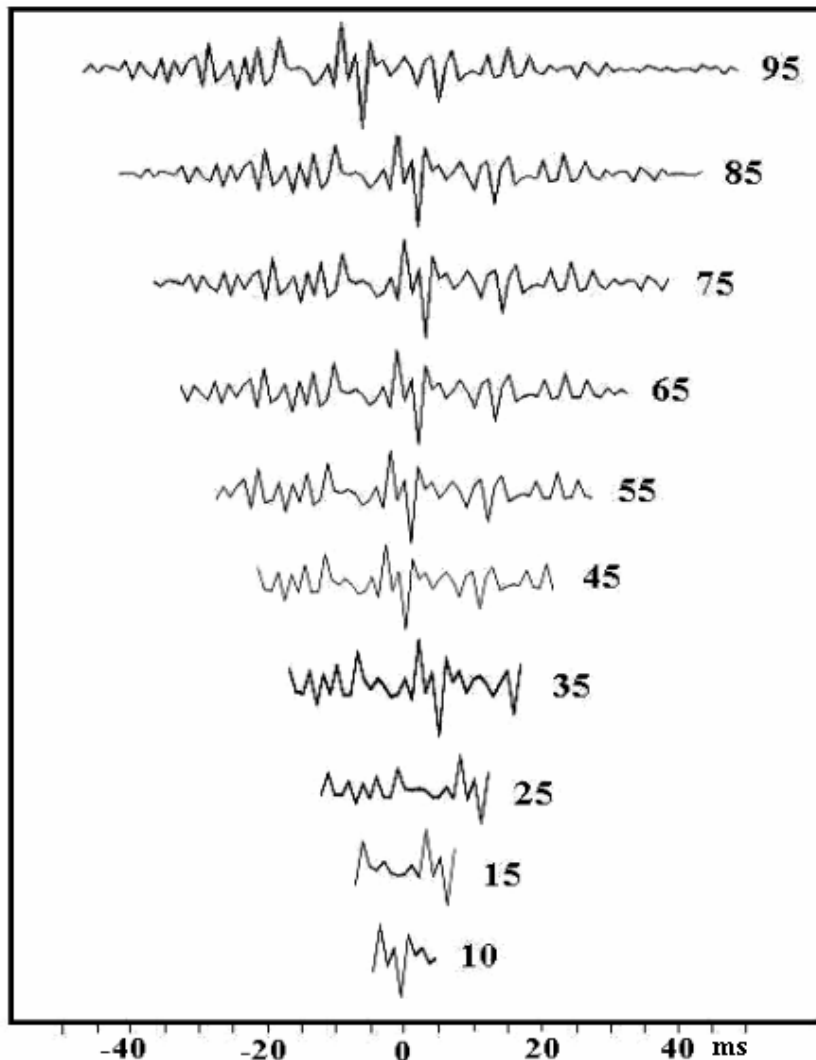
الحالة الأولى:

تم هنا حساب معامل تصفية بأطوال متعددة من أجل الطول نفسه للنافذة والطول نفسه للإشارة المحددة. من أجل حساب معامل التصفية تم اختيار المقطع السيزمي المبين بالشكل (4). بداية النافذة تم اختيارها عند الزمن 40 ميلي ثانية ونهايتها عند الزمن 140 ميلي ثانية.



الشكل (4) مقطع سيزمي قيس بطريقة منبع - لاقط في موقع سد الصابغ في جنوب سورية (محافظة السويداء).

يبين الشكل (5) معاملات التصفية ذوات الأطول المختلفة والمحسوبة للنافذة نفسها.



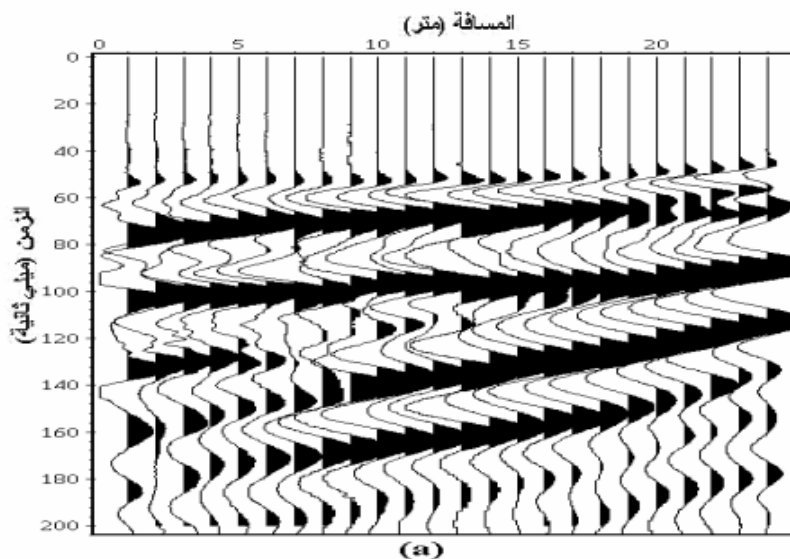
الشكل (5) معاملات التصفية المحسوبة باستخدام المقطع السيزمي في الشكل (4).

من أجل اختبار فعالية معامل التصفية نفذت عملية تشي بين معاملات التصفية المحسوبة، كلاً على حدة مع المقطع السيزمي الذي حسبت هذه المعاملات انطلاقاً منه. بينت التجارب أن الاختلاف في نتائج عملية التصفية عند تشي المقطع السيزمي مع معاملات التصفية من الطول 95 ميلي ثانية حتى الطول 55 ميلي ثانية يكون قليلاً أو غير ملحوظ. بينما نلاحظ أن التغيير في نتائج التصفية يبدأ بالظهور بشكل تدريجي بدءاً من الطول 55 ميلي ثانية وأن التغيير في نتائج عملية التصفية أصبح أكثر وضوحاً عندما يصبح طول معامل التصفية صغيراً جداً. من أجل الاختصار قمنا هنا بعرض ثلاث حالات تظهر فيها الفروق في نتائج عملية التصفية بشكل واضح تقريباً.

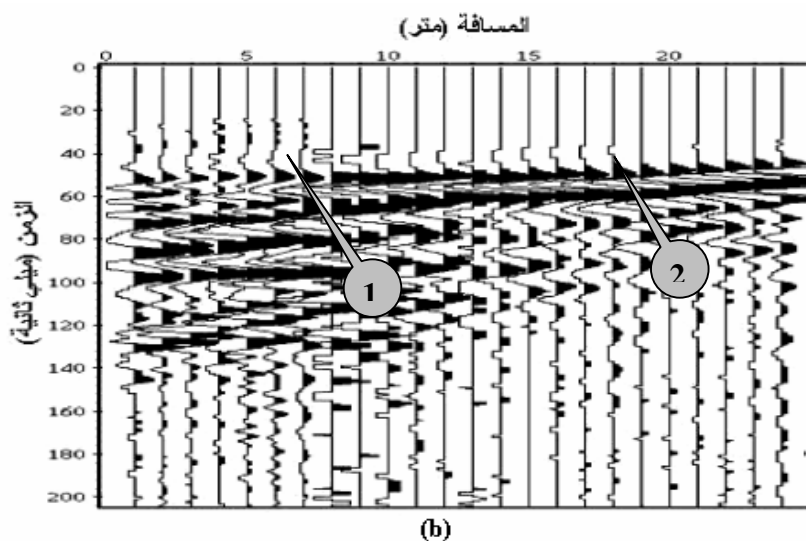
يبين الشكل (6-a) المقطع السيزمي قبل تطبيق التصفية العكسية، بينما تبين الأشكال (6-b)، (6-c)، (6-d) المقطع نفسه بعد تطبيق التصفية العكسية باستخدام معاملات بأطوال مختلفة 15، 35، 55 ميلي ثانية على التوالي.

من خلال المقارنة بين المقطع السيزمي قبل تطبيق التصفية العكسية (6-a) والمقطع بعد تطبيق التصفية باستخدام معامل التصفية ذي الطول 55 ميلي ثانية (الشكل 6-b)، نلاحظ الفرق الواضح بين المقطعين فقد ظهر تحسن واضح في صورة المقطع السيزمي بعد تطبيق التصفية العكسية وذلك من خلال رفع قدرة التمييز بعد التصفية بسبب ضغط الإشارة السيزمية في مجال الزمن والتخلص من تأثيرات الضجيج غير المرغوب فيها.

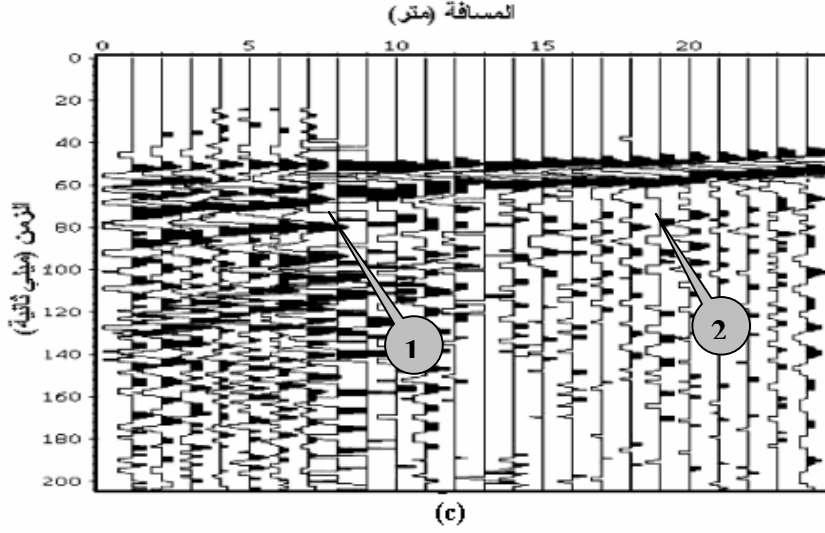
من مقارنة المقطع السيزمي في الشكل (6-b) مع المقطع السيزمي في الشكل (6-c) والشكل (6-d)، نلاحظ أن مقدار التحسن في المقطع السيزمي أصبح أقل، ونسبة التحسن في صورة المقطع في الشكل (6-d) هي أقل منه في الشكل (6-c) مما يدل أن مقدار التحسن في ناتج التصفية العكسية يقل عندما يصبح طول معامل التصفية أقل من حد معين. (لاحظ المواقع 1 و 2 على هذه الأشكال).



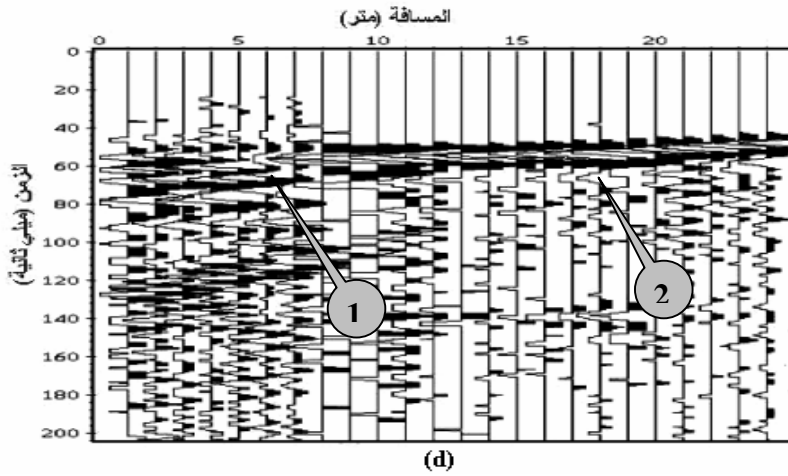
a - قبل تطبيق التصفية العكسية.



b - بعد تطبيق التصفية العكسية باستخدام معامل تصفية بطول 55 ميلي ثانية.



c - بعد تطبيق التصفية العكسية باستخدام معامل تصفية بطول 35 ميلي ثانية.



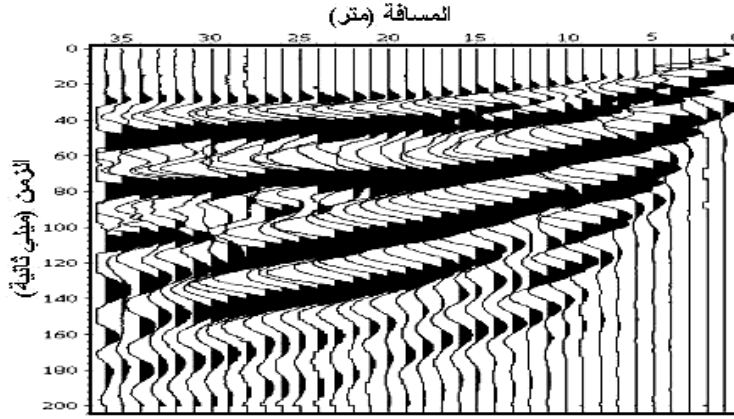
d - بعد تطبيق التصفية العكسية باستخدام معامل تصفية بطول 15 ميلي ثانية.

الشكل (6) مقطع سيزمي حقلي

كمثال آخر لاختبار هذه العملية اختير مقطع سيزمي حقلي آخر (الشكل 7-a). قيس هذا المقطع في أحد المواقع في جنوب سورية (موقع سد راجو) بطريقة المسح المستمر باستخدام نقطة تفجير واحدة و36 لاقطا. حُسبت هنا أيضا معاملات تصفية بأطوال مختلفة

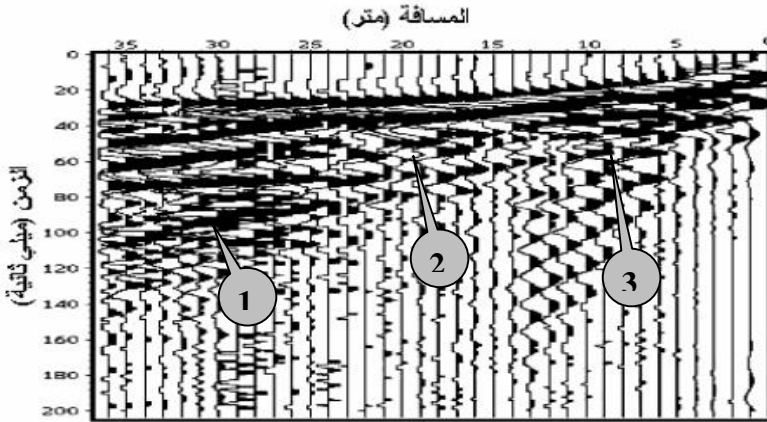
كما هو الحال في المثال السابق، واختيرت معاملات التصفية ذات الأطوال 15، 35، 55 ميلي ثانية لتنفيذ عملية التصفية العكسية.

من مقارنة المقطع السيزمي قبل تطبيق التصفية العكسية (الشكل 7-a) مع المقاطع السيزمية بعد تطبيق التصفية العكسية نلاحظ تغييراً واضحاً على المقطع السيزمي بعد تطبيق التصفية العكسية وذلك من خلال ضغط الإشارة على المقطع السيزمي ورفع قدرة التمييز. إلا أننا نلاحظ أن التحسن في صورة المقطع السيزمي كانت أفضل عند استخدام معامل التصفية ذي الطول 55 ميلي ثانية (الشكل 7-b)، بينما تصبح درجة الوضوح على المقطع السيزمي أقل عند استخدام معامل تصفية ذي طول أقصر (الأشكال 7-c و 7-d). (لاحظ المواقع 1 و 2 و 3 على هذه الأشكال).



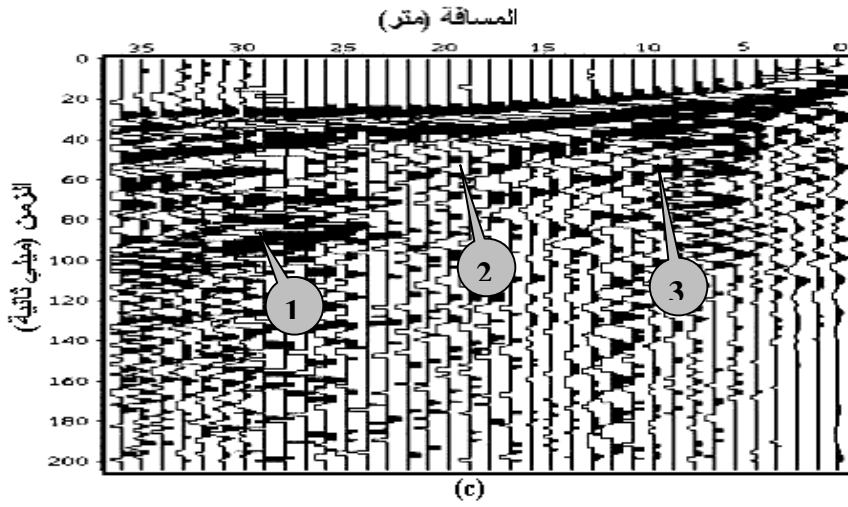
(a)

a- قبل تطبيق التصفية العكسية.

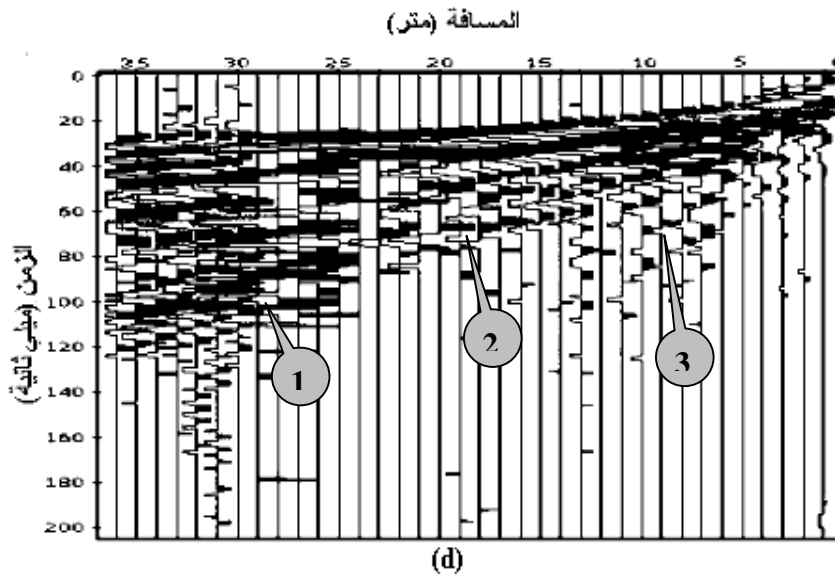


(b)

b- بعد تطبيق التصفية العكسية باستخدام معامل تصفية بطول 55 ميلي ثانية.



c- بعد تطبيق التصفية العكسية باستخدام معامل تصفية بطول 35 ميلي ثانية.



d- بعد تطبيق التصفية العكسية باستخدام معامل تصفية بطول 15 ميلي ثانية.

الشكل (7) مقطع سيزمي حقلي

الحالة الثانية:

في هذه الحالة نُفذت عملية تقصير لطول معامل التصفية المحسوب، ونُفذت عملية ثني لمعامل التصفية بعد التقصير مع المقطع السيزمي وذلك بهدف اختبار إمكانية تنفيذ عملية التقصير هذه كما هو الحال في عملية التقصير التي تجري على معامل التصفية عند التصفية الترددية (frequency filtering)

من أجل تحقيق ذلك اختير معامل التصفية ذو الطول 55 ميلي ثانية المستخدم في الحالة الأولى. جرت عملية تقصير مرحلية لمعامل التصفية من أجل أربعة أطوال هي على التوالي 45، 35، 25، 15 ميلي ثانية (أربع مراحل)، وجرى في كل مرة تنفيذ عملية ثني لمعامل التصفية بعد التقصير مع المقطع السيزمي ومراقبة النتائج. وهنا لا بد من الإشارة إلى أن عملية التقصير جرت بشكل متناظر من الجانبين.

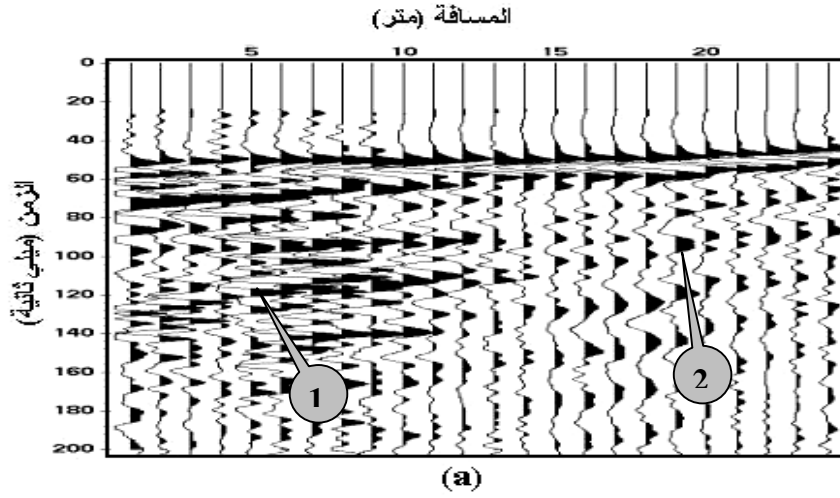
يبين الشكل (8) ناتج عملية التصفية العكسية بعد تقصير معامل التصفية المحسوب في الشكل (5). من أجل اختبار النتائج تم هنا ثني معامل التصفية بعد تنفيذ عملية التقصير على أربع مراحل مع المقطع السيزمي الحقل في الشكل (6-a).

يبين الشكل (8-a) ناتج عملية التصفية العكسية باستخدام معامل التصفية بعد تقصيره إلى الطول 45 ميلي ثانية. من مقارنة المقطع بعد التصفية العكسية مع المقطع بعد التصفية العكسية باستخدام معامل التصفية ذي الطول 55 ميلي ثانية قبل التقصير (الشكل 6-b)، نلاحظ حصول تغيير في صورة المقطع السيزمي ولكن هذا التغيير لم يؤثر بشكل سلبي في النتيجة أي إن صورة المقطع السيزمي بقيت واضحة بشكل كافٍ.

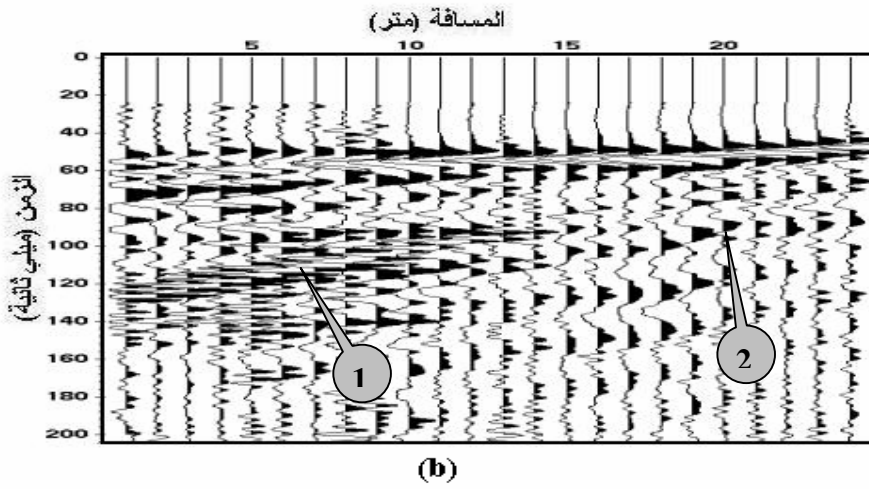
بينما نلاحظ أن ناتج التصفية بعد تقصير معامل التصفية إلى الطول 35 ميلي ثانية (الشكل 8-b). يصبح أقل وضوحاً مقارنة بالشكلين (6-b و 8-a).

من مقارنة ناتج التصفية العكسية بعد تقصير طول معامل التصفية إلى الطول 25 ميلي ثانية (الشكل 8-c)، والطول 15 (الشكل 8-d)، نلاحظ أن صورة المقطع السيزمي تصبح أسوأ ولا يمكن في هذه الحالة تمييز الإشارات السيزمية أو متابعتها على المقطع.

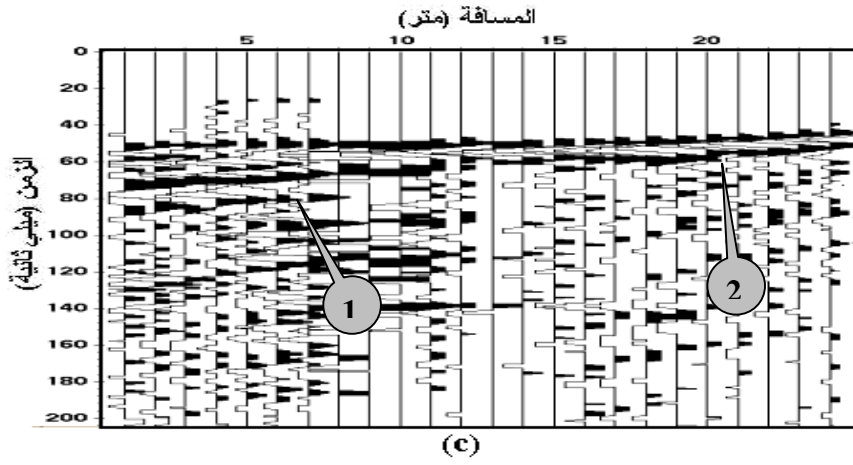
بشكل عام نلاحظ أن صورة المقطع السيزمي وقدرة التمييز تتأثر سلباً كلما كانت قيمة التقصير لمعامل التصفية أكبر. (لاحظ المواقع 1 و 2 على هذه الأشكال).



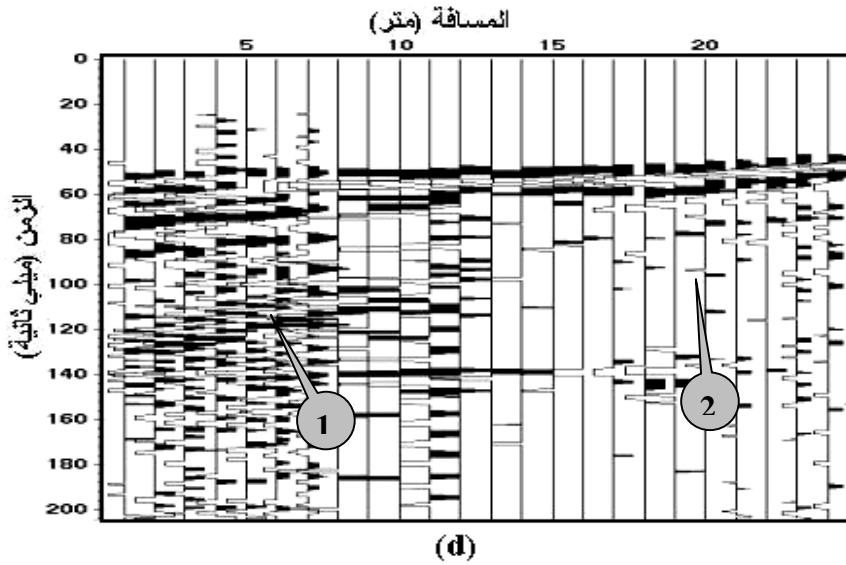
a- بعد تقصير معامل التصفية إلى الطول 45 ميلي ثانية.



b- بعد تقصير معامل التصفية إلى الطول 35 ميلي ثانية.



c - بعد تقصير معامل التصفية إلى الطول 25 ميلي ثانية.



d - بعد تقصير معامل التصفية إلى الطول 15 ميلي ثانية.

الشكل (8) المقطع السيزمي في الشكل (4) بعد التصفية العكسية بمعامل التصفية ذو الطول 55 ميلي ثانية

لو عدنا إلى أشكال معاملات التصفية المحسوبة من أجل هذا المثال (الشكل 5)، نلاحظ أن معامل التصفية يحتفظ بتواتر معين في الشكل حتى عند استخدام أطوال صغيرة. لذلك وجدنا أنه عند حساب معامل التصفية لا يُلاحظ تغير كبير وواضح في نتائج التصفية عند استخدام أطوال صغيرة لمعامل التصفية، والتغير الواضح يبدأ بالظهور عند الأطوال القصيرة جداً.

بينما نلاحظ أن الوضع يختلف تماماً عند القيام بعملية التقصير لمعامل التصفية المحسوب، إذ إن هذه التواترات في شكل معامل التصفية المذكورة أعلاه يتم التخلص منها عند عملية التقصير، لهذا السبب لاحظنا تغيراً واضحاً في نتائج عملية التصفية عند تقصير معامل التصفية.

ومن ثم يمكن الاستنتاج أن ناتج عملية التصفية في حالة استخدام معامل تصفية بطول محدد بعد تنفيذ عملية التقصير عليه لن تكون بالدرجة نفسها من الجودة في حالة استخدام معامل تصفية محسوباً بالطول نفسه.

استنتاجات

تم في هذه الدراسة اختبار إمكانية اختيار أطوال صغيرة لمعامل التصفية المحسوب ومدى إمكانية تقصير معامل التصفية المحسوب. وقد نفذت هذه الدراسة على معطيات حقلية تم قياسها في مواقع مختلفة في سورية. وقد نفذت في هذه الدراسة اختبارات متعددة عرض بعضها، وقد توصلت هذه الاختبارات إلى النتائج الآتية:

- 1- يمكن استخدام أطوال صغيرة لمعامل التصفية لاختصار زمن المعالجة دون أن تتأثر قدرة التمييز على المقطع السيزمي.
- 2- يمكن أن يصل طول معامل التصفية المحسوب إلى 35% تقريباً من طول النافذة المستخدمة في حساب معامل التصفية دون أن يؤثر ذلك سلباً في نتائج التصفية.
- 3- تتعلق نسبة تقصير معامل التصفية المحسوب بطول معامل التصفية المحسوب، وهذه النسبة تقل كلما كان طول معامل التصفية المحسوب صغيراً.
- 4- يُفضل عدم تنفيذ عملية تقصير لمعامل التصفية المحسوب إذا كان طوله ضمن الحدود الدنيا (قاربة 35% من طول النافذة).

REFERENCES

- Bacon, M., Simm, R., Redshaw, T. (2003). 3-D Seismic Interpretation.
- Barragan, C. (1999). Fundamentals of practical seismic data processing, (HGS).
- Blahut, R. E. (1985). Fast algorithms for digital signal processing, Addison-Wesley, Reading, Mass.
- Burkhard, B. (1991). Spektralanalyse und Filtertheorie in er angewandeten Geophysik, Springer verlag.
- Buttkus, B. (2000). Spectral Analysis and Filter Theory in Applied Geophysics
- Hearn, S. and Voss, D. (2003). Model-based deconvolution for dominant, thin-bed seismic reflections, ASEG 16 th Geophysical Conference and Exhibition.
- Kelamis, P.G. and Chiburis, E. F. (1988). Post-critical wavelet estimation and deconvolution. Geophysical Prospecting 36, 504-522.
- Meskó, A. (1984). Digital filtering, Application in Geophysical exploration for oil., Akadémiai kiad, Budapest.
- Porstendorfer, G. and Koehler, E. (1981). Grundlage der Anwendung der Seismik in der Suche und Erkundung, Bergakademie Freiberg.
- Yilmaz, Ö. (1989). Seismic data processing, Society of Exploration Geophysicists.