

Signal enhancement – между обработкой и интерпретацией

Шалашников Андрей Владимирович¹

¹ «ООО» Сейсмостек, г. Москва

В лексикон геофизика входит все большее число англоязычных оборотов, под которыми подразумеваются обширные понятийные пространства, зачастую весьма отдалённо связанные с буквальным переводом обозначающих их словосочетаний. Так и «Signal enhancement» переводится, как усиление сигнала, но подразумевается вполне определенный класс процедур на стыке обработки и интерпретации.

Зачастую так называют процедуры завершающего этапа обработки, т.е. та часть т.н. «сигнальной обработки», которая производится по результатам миграции: кубам и/или сейсмограммам общей точки изображения. Применение программ этого этапа призвано улучшить качество изображений для решения конкретных интерпретационных задач. Этими задачами и определяется выбор тех или иных алгоритмов.

К этому этапу сигнальной обработки относят устранение разного рода артефактов миграционных преобразований, вызванных, в частности, системой наблюдений. Классическим примером является т.н. «футпринт». В докладе приводится описание алгоритма подавление такого рода шумов на основе выделения и компенсации сингулярных особенностей поля в пространственно-спектральной области. Пример работы алгоритма приводится на рисунке 1.

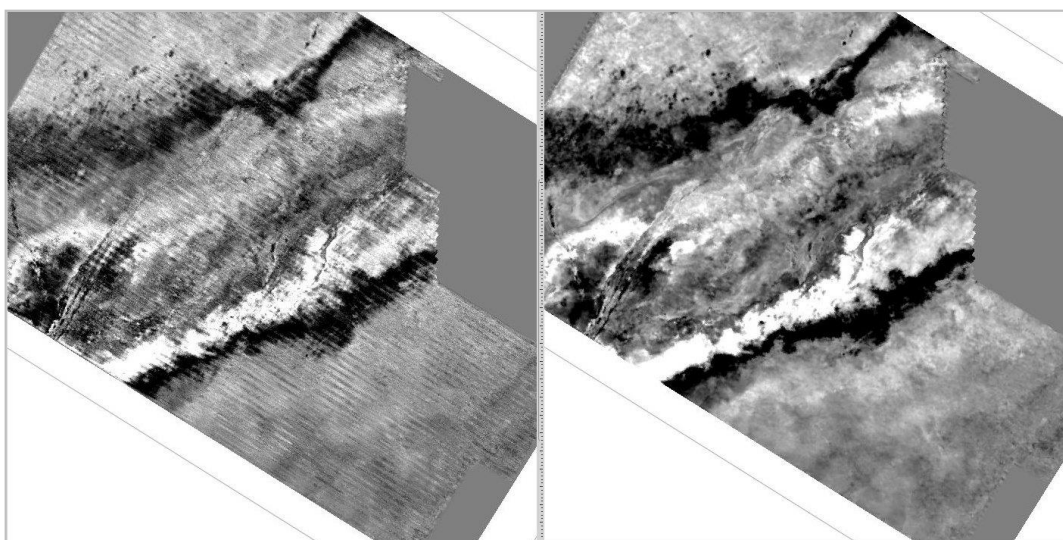


Рисунок 1 — Пример подавления артефактов, определенных геометрией системы наблюдений, слева – исходное сечение, справа – результат обработки.

Для решения структурных задач допустимо и, зачастую, необходимо применение разного рода «когеренторов». Здесь обычно не требуется обеспечение высокой пространственной и временной разрешённости. Нет и требований к сохранению динамики полезных событий.

Для целей повышения сигнальных характеристик соотношения сигнал/шум на полученных суммарных кубах, повышения латеральной динамической согласованности сейсмических событий для выполнения последующего динамического анализа, а также для целей обнаружения и картирования структурных разрывных нарушений и иных поисковых геологических структур был разработан алгоритм когерентной фильтрации поля в главной плоскости ориентации сейсмического события. Для производства такой фильтрации оптимизационным способом по величине сембланта оценивается ориентация вектора нормали отражающей площадки на малых локальных базах, а далее вдоль найденной площадки

производится адаптивное суммирование с весами, определяемыми мерой корреляции суммируемых трасс с центральной и штрафными пороговыми медианными значениями на чуть больших локальных базах. В результате выполнения данной процедуры на изображении эффективно подчеркиваются разрывные нарушения, повышается соотношение сигнал/шум, однако процедуру стоит применять по возможности мягко, поскольку апертурно-небольшие геологические объекты (например, небольшие палеорусла) могут быть потеряны. Излишние малые разрывные нарушения, наведенные когерентной фильтрацией, нивелируются применением полиномиальной фильтрации на малых локальных базах по локальной криволинейной площадке, конформной сейсмическому событию в каждой глубинной точке. Пример работы алгоритма демонстрируется на рисунке 2.

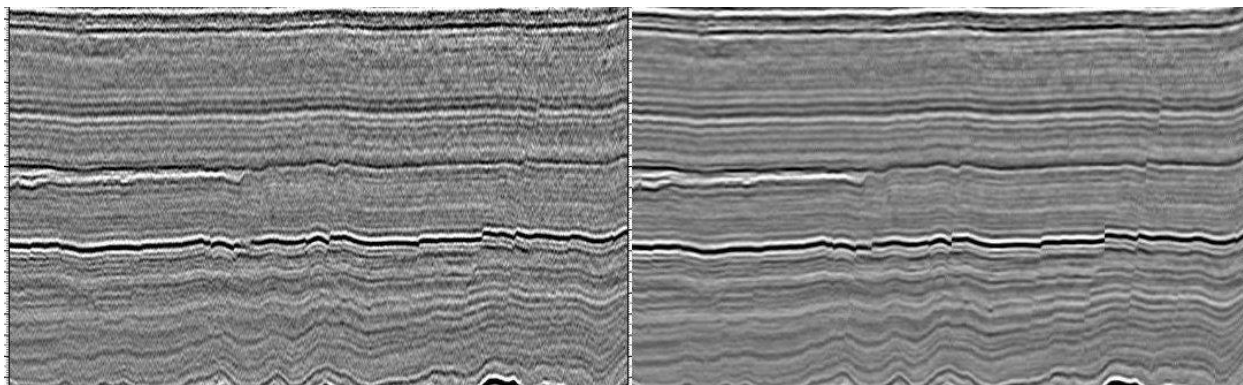


Рисунок 2 — Пример работы алгоритма когерентной фильтрации поля в главной плоскости ориентации сейсмического события, слева – исходное сечение, справа – результат обработки.

Приобретают особенную важность вопросы финальной деконволюции [1]. Часто на этом этапе производят т.н. «балансировку спектра», под чем, на самом деле, подразумевается нуль-фазовая нестационарная деконволюция, хотя и завуалированная этим «невинным» названием. Дело в том, что деконволюция относится к адаптивным процедурам и поэтому считается опасной с точки зрения сохранения динамики, а балансировка производится «вручную», с контролем динамики по опорным отражениям. На самом деле это, конечно же, можно и нужно делать и при выполнении адаптивных процедур. Поэтому, например, робастную деконволюцию мы тоже относим к процедурам этого этапа.

Также необходимо сказать, что «Signal enhancement» процедуры – не только процедуры завершающего этапа обработки. В процессе обработки, в процессе выделения полезного сигнала из-под различного рода шумов – кратных волн, низкоскоростных волн помех, помех, связанных с АОО ВЧР, в процессе построения модели – так же производится выделение полезного сигнала, - зачастую адаптивными и небезопасными приемами, например, Sparse-Radon. Причем эффективный контроль качества такой сильной процедуры отсутствует. Пример применения данной процедуры до миграции и после миграции демонстрируется на рисунке 3.

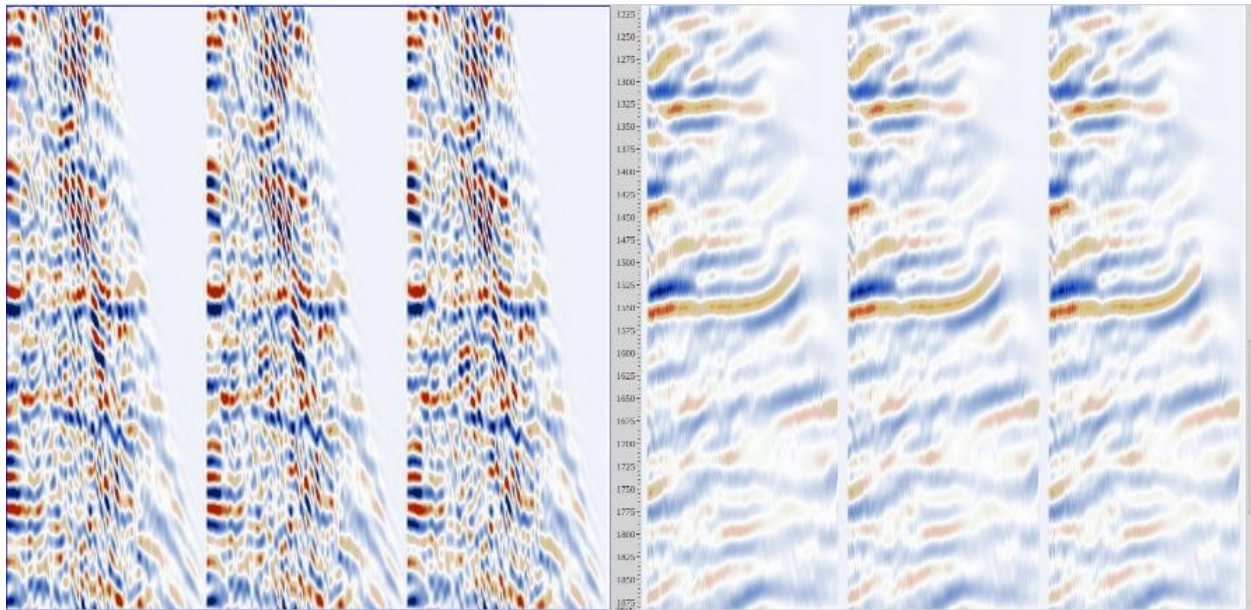


Рисунок 3 — Пример обработки данных – слева-глубинная сейсмограмма при подавлении помех процедурой Sparse-Radon на сейсмограммах до миграции, справа - промежуточный этап переобработки этих же данных, процедура Sparse-Radon применялась по глубинным сейсмограммам.

Главный тезис доклада состоит в том, что получение динамических характеристик волнового поля, используемых на этапе решения обратных динамических задач (интерпретации/инверсии), должно быть реализовано в рамках этапа обработки. В самом деле, только на этапе обработки можно своевременно выявить недостаточную информативность данных и попытаться скомпенсировать ее применением процедур подавления помех различной природы. И это не просто «интерпретационное сопровождение», которое, хотя и декларируется, как обязательное, но редко может быть осуществлено в полной мере. Обычно оно сводится к т.н. контролю качества, в то время как решение определенных интерпретационных задач может требовать специализированного графа, не сформулированного в геологическом задании, хотя бы ввиду того, что необходимость применения тех или иных процедур становится понятной только при анализе результатов на конкретных данных.

Что отличает постановку задачи на этапе Signal enhancement, который у нас для простоты называют «постмиграционной обработкой»? Главное отличие этого этапа от предыдущих состоит в том, что глубинно-скоростная модель среды (ее более-менее эффективное приближение) уже построена. Мы часто говорим о том, что вся обработка должна быть согласована с построением ГСМ, вокруг этой задачи проектируются те или иные графы подавления помех, обработки сигнала, коррекции за поверхностные условия и т.п. Главенствующий принцип такой обработки: не навредить, прежде всего не исказить кинематические параметры и, по возможности, сохранить динамические особенности сигналов. Но вот этих самых «возможностей» становится гораздо больше, когда глубинно-скоростная модель уже отстроена.

Строго говоря, после построения ГСМ и решения структурных задач, обработку следовало бы начинать заново, - и это и было бы полноценной постмиграционной обработкой.

Возможно, когда-нибудь, или, хотя бы, на отдельных проектах, такое и будет возможно, однако сейчас мы можем говорить только об элементах такого будущего графа на этапе Signal enhancement.

Какие процедуры применяют на этом этапе? И какие необходимо применять?

Подавление нерегулярных помех в различных сортировках по сейсмограммам и по суммарным кубам.

Фазовая коррекция годографов на сейсмограммах общей точки изображения.

Балансировка амплитудного спектра, которая, по сути, является вариантом нестационарной нуль-фазовой деконволюции, со всеми вытекающими отсюда последствиями для динамических параметров.

Подавление регулярных помех. Обычно здесь применяют процедуры класса Спарсных преобразований Радона. Мы настаиваем на дорогостоящем, но эффективном применении процедур расчета модельных полей кратных волн (требуется моделирование волн в пространственно-временной области, миграция этих полей, и их адаптивное вычитание).

Эталонирование, без которого мы считаем любую работу с динамикой необоснованной [2].

Получение угловых сейсмограмм и восстановление амплитуд в классе допустимых моделей (в том числе решаются задачи интерполяции и экстраполяции робастными алгоритмами) [3].

Для корректного восстановления амплитуд желательно иметь данные различных миграций: регуляризированных и не регуляризированных данных. Первые необходимы для обеспечения необходимой пространственной разрешенности, вторые для восстановления плавных амплитудных зависимостей отражений от углов падения/отражения.

Робастная деконволюция, которая обычно «зашита» в инверсионные преобразования, должна быть этапом обработки, поскольку должна опираться на специальным образом предобработанные данные.

Можно перечислить еще ряд необходимых и возможных процедур постмиграционного этапа, но и намеченных здесь достаточно для подтверждения тезиса о необходимости углубления этого этапа в рамках графа обработки данных.

Список литературы

1. Кунченко Д. С., Фиников Д. Б. О задачах деконволюции сейсмических записей и возможностях контроля формы сигнала //ГеоЕвразия 2018. Современные методы изучения и освоения недр Евразии. – 2018. – С. 579-582.
2. Каплан С. А. и др. Прямые задачи в обработке и интерпретации сейсмических данных Topic: Direct problems in seismic data processing and interpretation //7-я Международная геолого-геофизическая конференция и выставка «Санкт-Петербург. – 2016. – С. 2016.
3. Шалашников А. В., Фиников Д. Б. Атрибутная миграция. Новые возможности миграционных преобразований //Сейсмические технологии-2017. – 2017. – С. 102-105.