

## Высокоразрешенная методика PSTM на основе принципа Гюйгенса способствует увеличению разрешения сейсмических данных. Huygens' high definition PSTM technique promises improved resolution of seismic data

Bill Kamps,\* Tsunami Development, описывает работу, которая позволяет интерпретаторам достичь лучшей разрешающей способности при миграции стандартных сейсмических наборов данных.

Интерпретаторы сейсмических данных всегда стремятся к увеличению разрешения и более высоким частотам. Обычно случается, что они достигают такой детальности, которая превышает возможности работы базы данных. При этом, они начинают рассматривать либо фрагмент сейсмического импульса, или некоторое очень грубое геологическое изображение. Интерпретаторы хотят получить максимальное разрешение, которое может позволить набор данных.

Теперь у нас имеется возможность обеспечить большее разрешение, и изображения с более высокими частотами, которые можно получить для одних и тех же данных. Это даст гораздо больше информации интерпретаторам и геологам, в особенности в тех областях, где можно пробурить эксплуатационные скважины. Благодаря использованию патентованной технологии, разработанной N.S. Neidell & Associates, мы можем существенно увеличить частоты и разрешение мигрированных сейсмических данных.

### Голографическое изображение

Neidell (1997) открыл, что в сейсмических данных содержится гораздо больше информации, чем

мы обычно получаем при стандартной миграции. Эта информация была скрыта от нас, поскольку мы производили отображение скорее на основе теории дискретизации, чем создания более целостного изображения недр. Следствие к принципу Гюйгенса говорит о том, что информация, содержащаяся в поле волн записи не зависит только от дискретизации волнового поля и свойств источника, она зависит также от информации, содержащейся в поле волн (Eisner, 1998). Геологические объекты, которые мы хотим отобразить, не являются отсчетами и частотами, они представляют собой реальные структуры, имеющие форму и содержание. Таким образом, мы можем подходить к проблеме скорее как к построению голограммы, чем к мигрированию набора трасс и отсчетов.

Для пояснения этой процедуры, перефразируем Robinson (1998). Сейсмическая миграция преобразует набор входных данных в мигрированный набор сейсмических данных. Миграция начинается с записи поля волн, представляющего собой поле волн падающих волн на расстановку

приемников, расположенных на поверхности Земли. Это представляет собой входной набор данных. Алгоритм миграции восстанавливает поле волн (геологию недр) путем использования различных аппроксимаций волнового уравнения. Затем поле волн отображается с целью получения мигрированных сейсмических данных. Важно различать этапы реконструкции поля волн, и этапы построения отображения. Реконструкция поля волн – это аппроксимация геологии недр на интересующем участке. Отображение представляет собой дискретизацию этого реконструированного поля и создание выходного набора данных.

Необходимо представлять реконструкцию поля волн не в виде трасс и отсчетов в памяти компьютера, а в виде голограммы сплошного объекта (геологического тела), непрерывной поверхности, которая описывается в памяти компьютера путем аппроксимации волнового уравнения. На этапе построения изображения мы производим дискретизацию голограммы с достаточно шагом для отражения деталей геологических объектов.

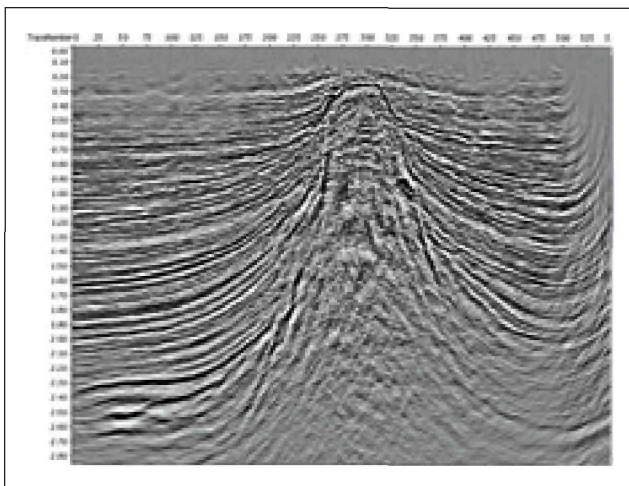


Рисунок 1

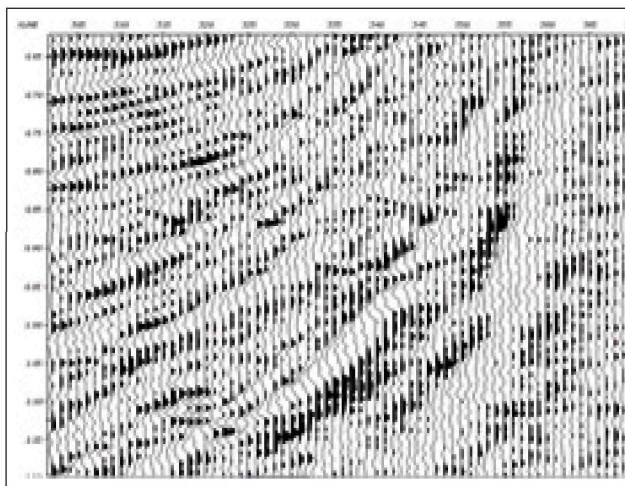


Рисунок 2

\* [www.tsunamidevelopment.com](http://www.tsunamidevelopment.com)

Точность восстановления волнового поля зависит от точности алгоритма и отношения сигнал-шум данных. Разрешение и частотный состав выходного сейсмических данных зависит от точности реконструкции поля и инкремента дискретизации поля волн. Получаемое разрешение геологического разреза является не просто функцией шага дискретизации входных данных. Также как и для голограммы, детальность изображения зависит от деталей изображаемого объекта (геологии недр) и шага дискретизации выходного изображения.

Путем построения серии модификаций метода миграции Кирхгофа компании Tsunami PSTM (миграция во временной области до суммирования) мы можем Произвести точную реконструкцию волнового поля, и таким образом,

геологии недр, в виде голограммы. Затем мы можем отобразить эту голограмму с шагом дискретизации, необходимым для раскрытия детальности, отражающей реконструированную геологии объекта. Возможная степень детальности зависит от физической структуры, и природы осадконакопления. Предполагая, что входные данные характеризуются высоким отношением сигнал-шум, частотный состав и разрешение мигрированных сейсмических данных будет гораздо выше, чем в случае, если бы данные отображались с шагом дискретизации входных данных. Необходимые модификации к методу миграции во временной области до суммирования Кирхгофа основаны на патентованной методике Neidell.

На рисунке 1 у нас имеется изображение соляного купола. Интересующая нас область отмечена квадратиком, который расположен слева от борта соляного купола.

На рисунках 2 и 3 показано сравнение увеличенного изображения области борта купола в виде импульсов. Очевидно, что Рисунок 3 характеризуется более высоким частотным составом и детальностью. Традиционное изображение выводится с шагом 4 мс, и пространственной дискретизацией 110 фут x 110 фут. Изображение высокого разрешения выводится с шагом 1 мс, и пространственной дискретизацией 27.5 фут x 27.5 фут. На трассах, отображенных методом отклонения, немного трудно оценить разницу.

Если сравнить Рисунки 4 и 5, мы видим то же увеличенное изображение области способом переменной плотности. Теперь можно видеть более ясно, что

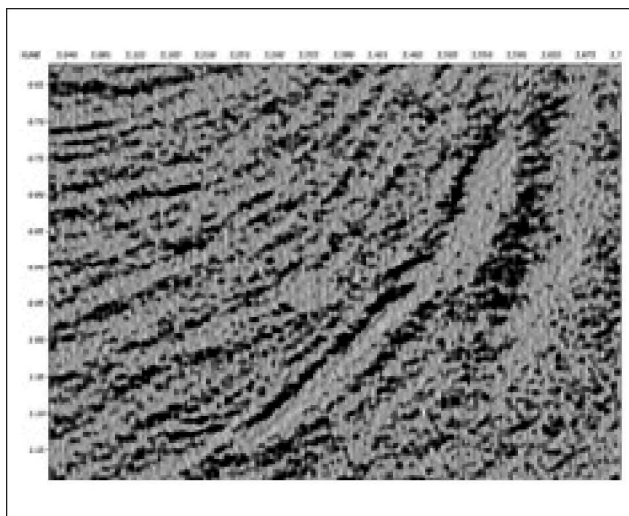


Рисунок 3

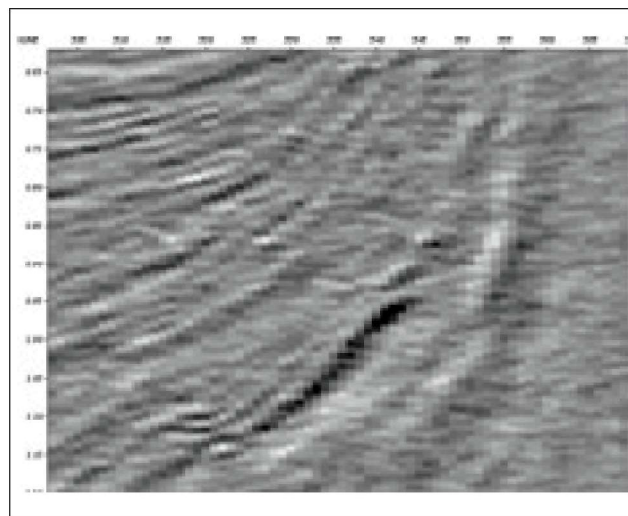


Рисунок 4

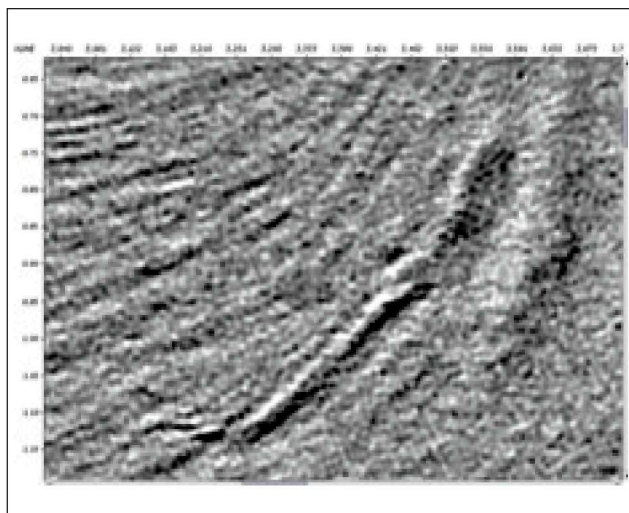


Рисунок 5

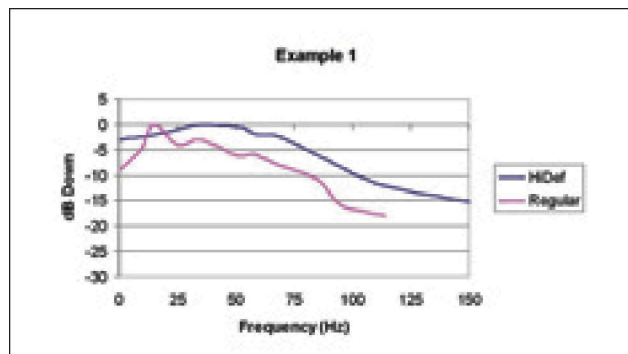


Рисунок 6 Показано сравнение частотных спектров для соляного купола. Результат HiDef характеризуется более высоким частотным составом с обоих концов. Это подтверждает, что метод HiDef более информативен. Частотный состав изображения HiDef простирается выше, чем в стандартном изображении.



происходит. На рисунке 4 изображение было увеличено до того масштаба, чтобы мы могли видеть размытый рисунок, разбитый на пиксели. Видно размытое изображение борта соляного купола и утыкающиеся слои осадков. Рисунок 5 более четкое и полное изображение борта соляного купола и утыкающихся в него осадков. На рисунках 3 и 5 показаны более информативные наборы данных для геолога и интерпретатора.

На рисунках с 7 по 10 приведено другое сравнение. На этом примере показан результат отображения структуры разломов. Рисунок 7 представляет стандартный результат методом отклонений, а рисунок 8 является результатом обработки HiDef методом отклонений. Стандартный результат показан с шагом 4 мс с пространственной дискретизацией 110фут x 110фут,

результат обработки HiDef показан для шага 1мс с пространственной дискретизацией 27.5 x 27.5.

Рисунки 9 и 10 представлены методом переменной плотности для того же района. Как и ранее, изображение на Рисунке 9 представляет собой размытое изображение, тогда как изображение на рисунке 10 гораздо более детально. На рисунке 11 показано сравнение частотных спектров.

### Пределы разрешения и стоимость вычислений

Шаг дискретизации в этой статье был выбран в соотношении 4:1, поскольку этого было достаточно для демонстрации успехов технологии. В стандартной программе просмотра PDF вы можете увеличить изображение, чтобы увидеть разрешение изучаемых данных.

Методика Tsunami HiDef PSTM дает пользователю возможность полного контроля над выходными инкрементами дискретизации мигрированных данных. Меньшие инкременты дискретизации могут дать большую детальность и более высокие частоты. Пределы разрешения зависят от отображаемой геологической структуры, природы осадконакопления, точности алгоритма, и отношения сигнал-шум входного набора сейсмических данных. Для получения наилучшего изображения, Tsunami HiDef PSTM увеличивает точность алгоритма по мере уменьшения шага дискретизации. Поскольку мы получаем мигрированные сейсмические данные с шагом, более частым, стоимость вычислений для получения выходных данных увеличивается. Стоимость

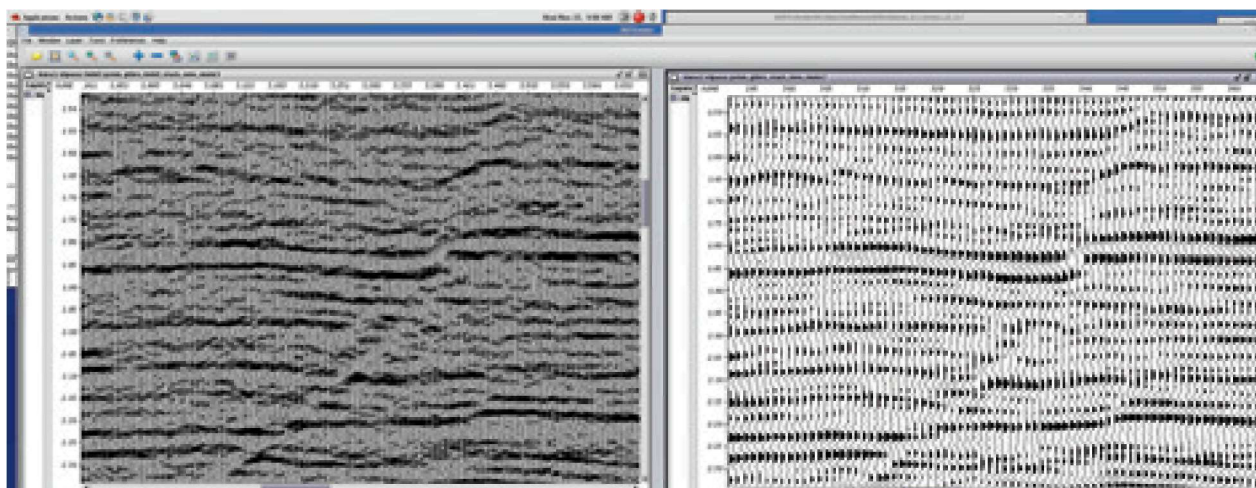


Рисунок 7, Рисунок 8

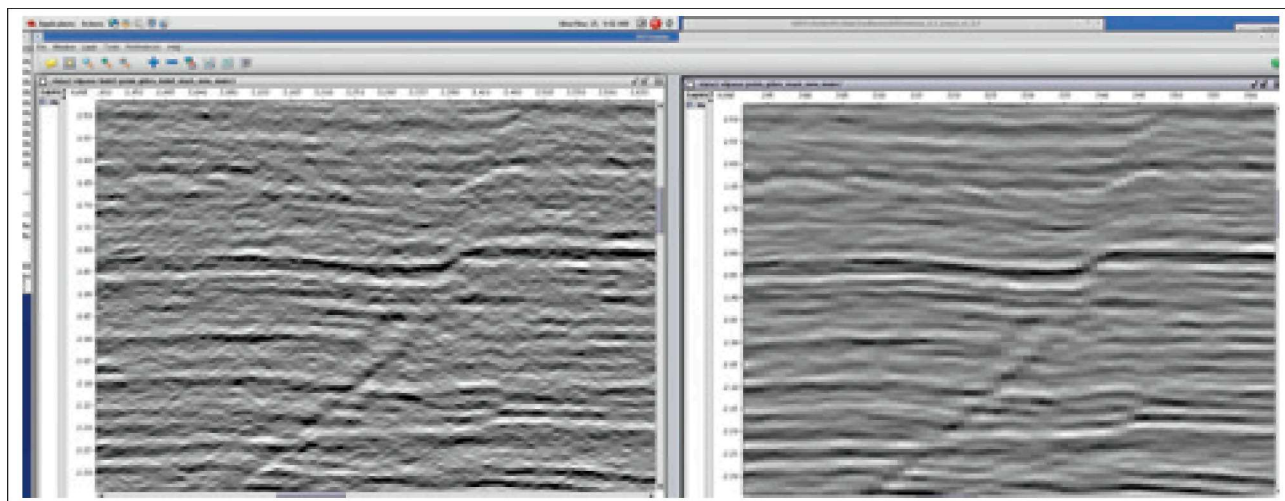


Рисунок 9, Рисунок 10

увеличения шага зависит от шага на выходе, но она может быть высока если требуются изображения с высоким разрешением. По этой причине, Tsunami HiDef PSTM позволяет пользователю выводить зоны особого интереса, как в пространстве, так и во временном диапазоне. Например, пользователь может выбрать вывод изображения высокой точности от двух до четырех секунд, и для области 50 инлайнов на 50 кросслайнов. Это абсолютно зависит от пользователя.

### Будущие разработки

На следующие несколько месяцев запланирован выпуск приложений на основе высокоразрешенной технологии, включая глубинную миграцию до суммирования.

### Литература

Eisner, E. (1998) Limits of resolution. *The Leading Edge*, March. Neidell, N.S. (1997) Perceptions in seismic imaging, part 1: Kirchhoff migration operators in space and offset time, an appreciation. *The Leading Edge*, June. Neidell, N.S. (1997) Perceptions in

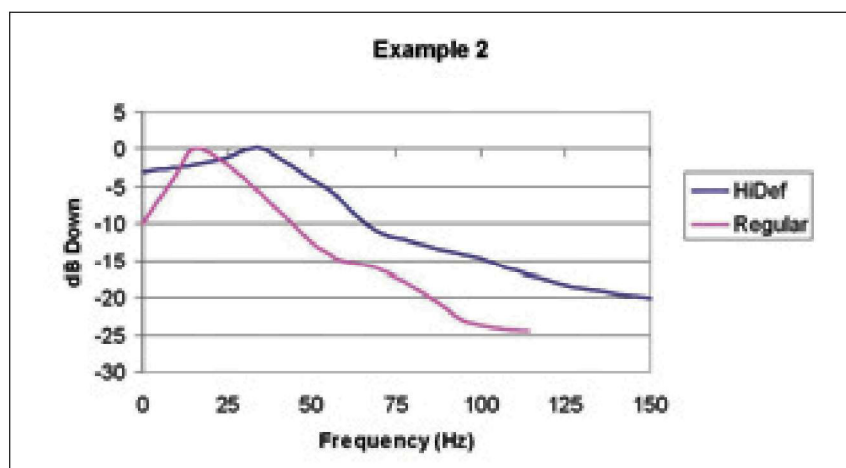


Figure 11

seismic imaging, part 2: reflective and diffractive contributions to seismic imaging. *The Leading Edge*, August. Neidell, N.S. (1997) Perceptions in seismic imaging part 3: Kirchhoff seismic imaging, a transform view. *The Leading Edge*, September. Neidell, N.S. (1997) Perceptions in seismic imaging, part 4: resolution

considerations in imaging propagation media as distinct from wavefields. *The Leading Edge*, October. Neidell, N. (1997) US Patent 5,633,885. Sampling and propagation of wave-fields. December.

Robinson, E.A. (1998) Further to Norman Neidell's series holistic migration. *The Leading Edge*, March.

