

Динамика амплитуд: Уменьшение влияния следов расстановки на временную миграцию до суммирования используя Tsunami Imaging

Билл Кэмпс, Tsunami Development. <http://www.tsunamidevelopment.com>

Введение

Геофизики в наши дни все больше заинтересованы в амплитудах выходных данных миграции, чем когда-либо. Амплитуды полученных после миграции сейсмограмм используются для распознавания геологических характеристик свойств резервуаров, а также для анализа зависимости амплитуд от удаления (AVO).

Эффективное использование этих технологий во многом зависит от относительной точности и стабильности амплитуд мигрированных сейсмограмм. Несмотря на все усилия по сохранению амплитуд внутри алгоритма миграции, геометрия съемки (следы расстановки трасс) искажает результат и делает анализ амплитуд сомнительным.

Геометрия трехмерных профилей наземной съемки особенно влияет на результирующие амплитуды. В идеале, нам хотелось бы получить данные на регулярной сетке с полным диапазоном офсетов на каждую ОГТ. Такой вариант возможен только на модельных данных. В реальности, искажение, вызванное геометрией съемки называется эффектом следов расстановки (acquisition footprint). Это отпечаток, оставленный на амплитудах неравномерным расположением полученных трасс по площади съемки.

В этой статье рассматриваются технология, в значительной мере уменьшающая влияние следов расстановки, а также новые разработки, ведущиеся нами в этом направлении.

Две стороны одной проблемы

Первая состоит в том, что на каждом офсетном бине, трассы расположены с различной плотностью. На практике такую модель можно построить путем объединения двух различных геометрий съемок в одну и, как результат, получения районов с перекрытием. Вторая - в том, что ближний, средний и дальний офсеты содержат неодинаковое количество трасс. Например, ближний офсет может содержать только одну десятую часть количества трасс среднего.

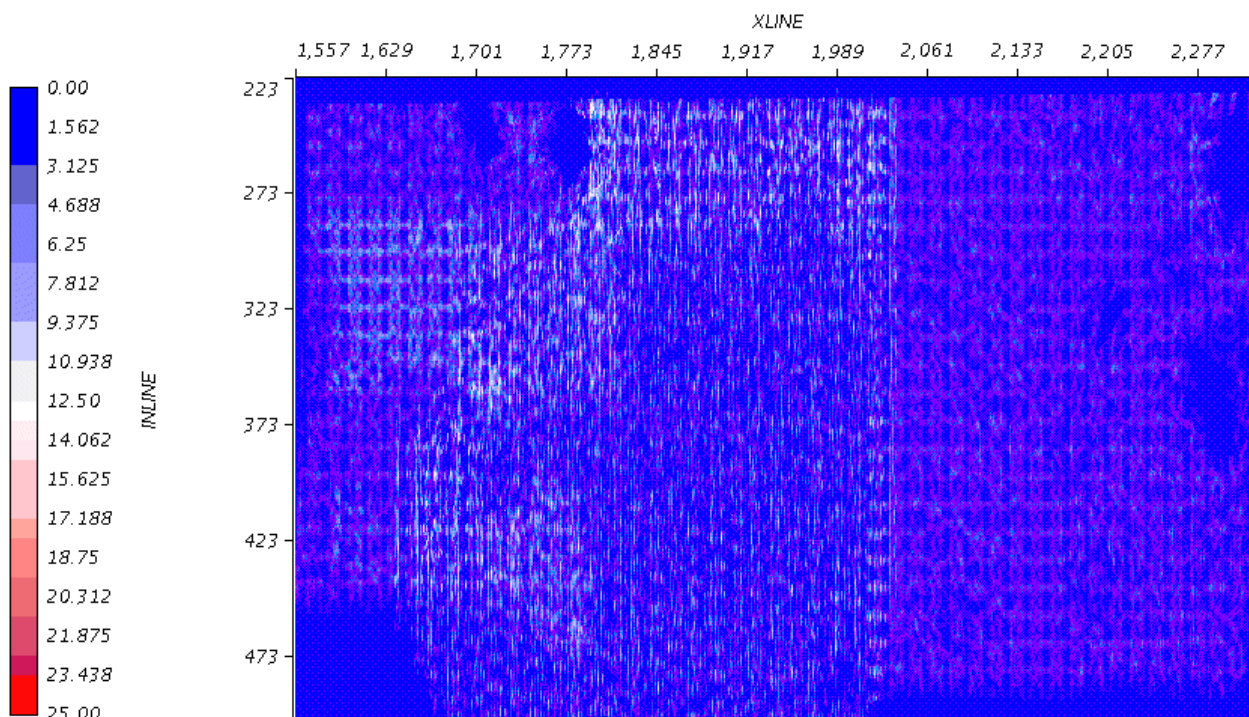


Рис. 1: Исходные трассы на выносах 3200 – 4000

Эта разница в популяции трасс вызывает соответствующие различия в амплитудах отмигрированных сейсмограмм. Офсеты с меньшим количеством трасс имеют слабые амплитуды на мигрированных сейсмограммах, в то время как офсеты с большим количеством трасс – сильные. Обе эти проблемы должны рассматриваться для получения качественных амплитуд после миграции сейсмических данных.

На Рис.1 показана карта расположения трасс на одном офсетном бине съемки. Голубым отмечены районы без трасс, а белым – районы с большой плотностью трасс съемки. На Рис.2 показана гистограмма офсетов. Рис.1 показывает типичное расположение трасс по офсетам для наземной съемки. Как видно наименьшее количество трасс находится на ближнем и дальнем офсетах, а наибольшее - на среднем. Такое распределение трасс существенно влияет на анализ AVO, поскольку амплитуды искажаются в силу большого рассеяния количества трасс на каждый офсетный бин.

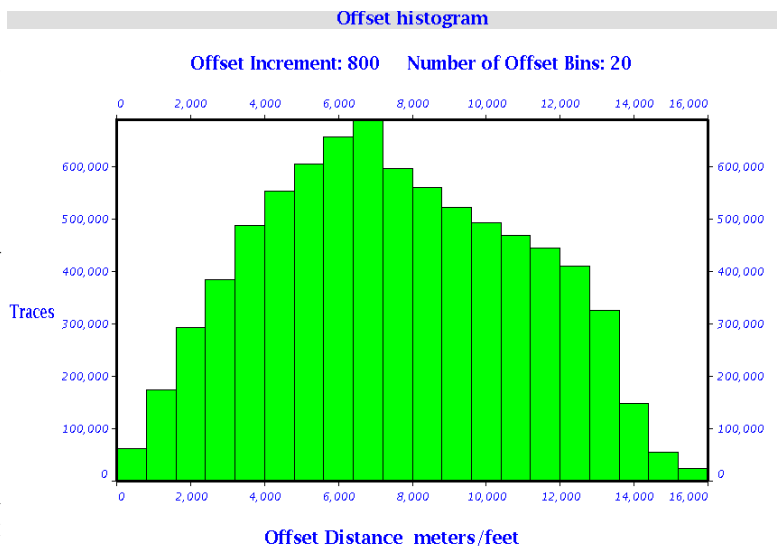


Рис.2 Гистограмма офсетов

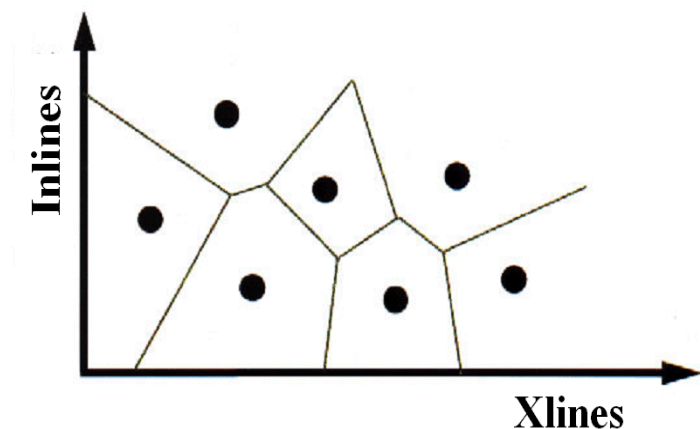


Рис.3 Метод взвешивания по полигонам

Компенсирование неравномерного распределения трасс внутри каждого офсетного бина

Описанный Canning and Gardner (1) метод в большинстве случаев эффективен для уменьшения проблемы неравномерного распределения трасс внутри каждого офсетного бина. Мы имплементировали этот метод в Tsunami Imaging Suite с небольшими вариациями, которые повышают стабильность алгоритма. В нескольких словах, этот метод создает множество весов, которые налагаются на входные трассы до расчета миграции. Эти веса рассчитываются путем создания

множества полигонов вокруг каждой трассы на площади офсетов. Рис.3 Вес каждой трассы определяется пропорционально площади полигона в котором она находится. Поэтому близко расположенные трассы имеют меньший вес, а удаленные друг от друга больший.

Чтобы продемонстрировать этот метод, мы создали модельные данные с постоянной функцией скорости на всем кубе, другими словами $V(z)$ неизменна. В этих данных всего одна горизонтальная отражающая граница. Если бы трассы на модельных данных были созданы на равномерной сетке, после миграции отражающий слой имел бы постоянную амплитуду. А на наших данных распределение трасс показано на Рис.1 Несколько другой выглядит миграция горизонтальной отражающей границы с постоянной амплитудой на временном разрезе Рис.4 Этот разрез показывает следы расстановки съемки, и поэтому в сравнении с Рис.1, как и ожидалось, очевидна явная взаимосвязь между плотностью распределения трасс и амплитудами отмигрированного слоя. После этого мы

создали множество весов исходных данных, рассчитанных по полигонам вокруг трасс и перезапустили миграцию. Рис.5 показывает результат на временном разрезе. На этом примере видно, что применение метода взвешивания трасс на исходных данных, после миграции выдает более постоянные амплитуды отмигрированного слоя. Этот результат типичен для метода взвешивания амплитуд, рассчитанных по полигонам.

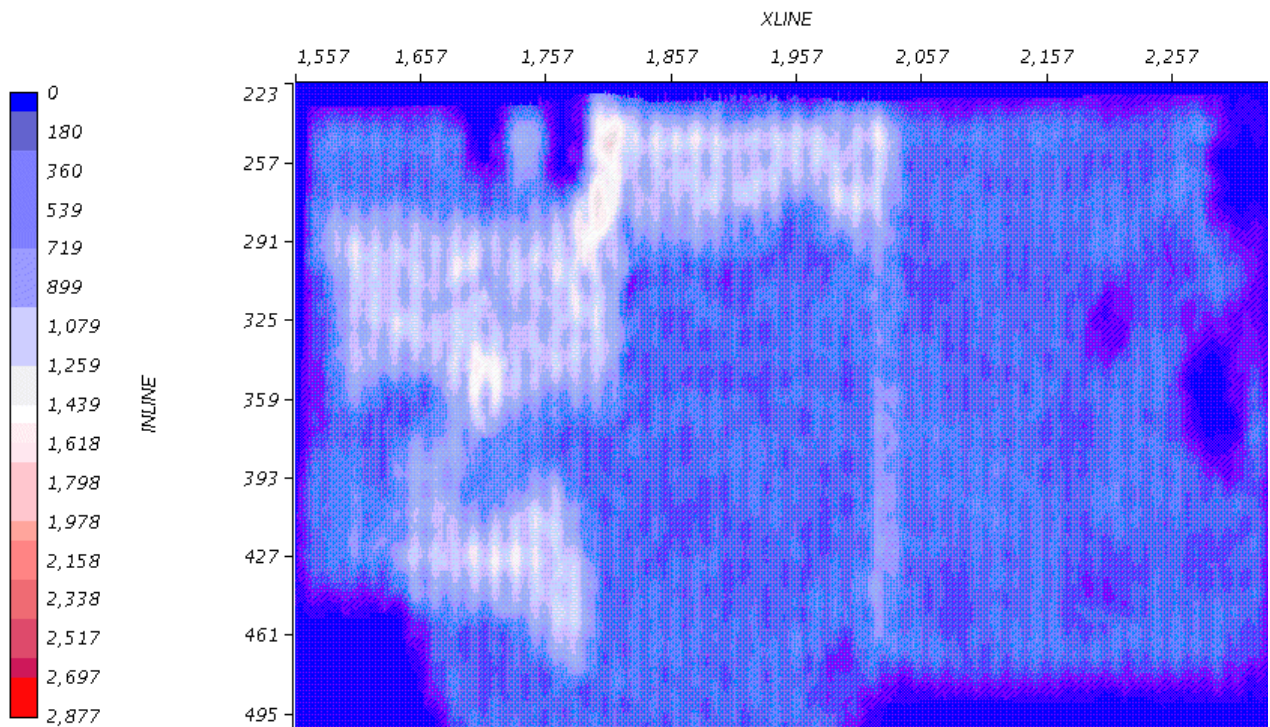


Рис. 4: Временой срез следов расстановки для отмигрированной горизонтальной границы на выносах 3200-4000

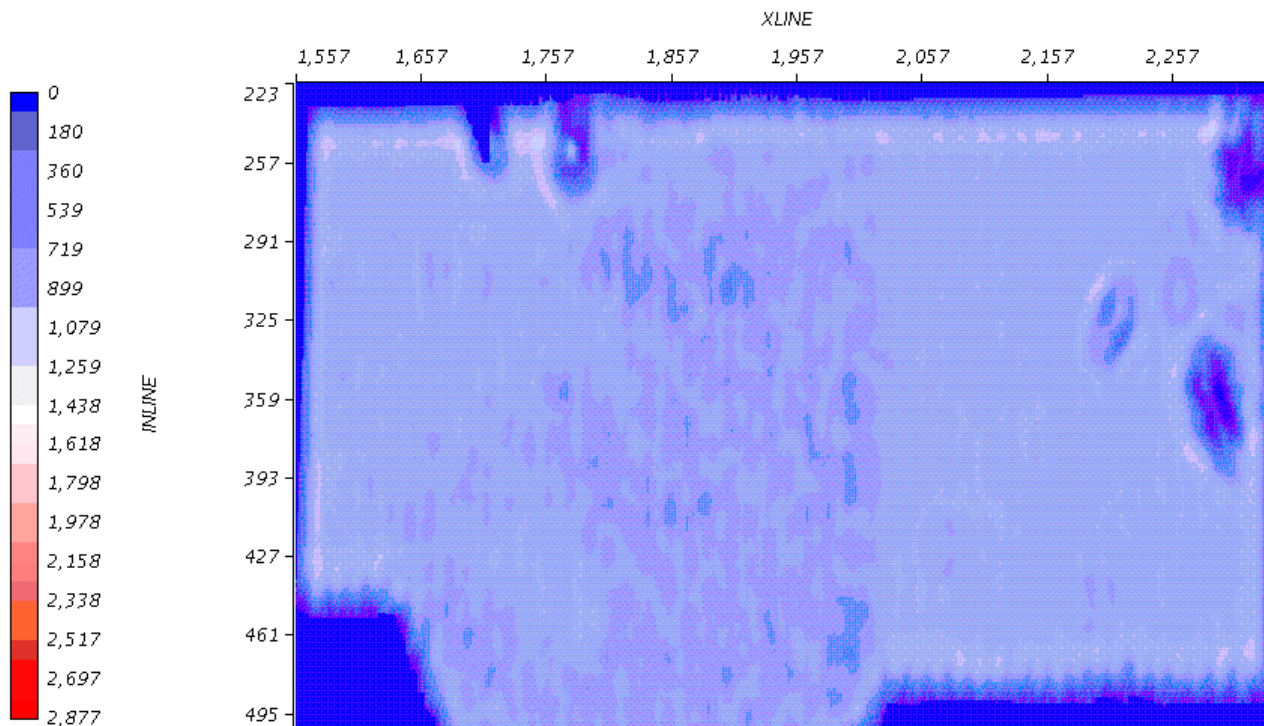


Рис 5: Временой срез следов расстановки для отмигрированной горизонтальной границы на выносах 3200-4000, используя метод взвешивания по полигонам

На протяжении многих лет мы неоднократно экспериментировали со скалированием отмигрированных трасс, основываясь на расчете количества просчитанных дискретов к дискрету выходной трассы. Эти методы так и не смогли предоставить нам желаемые результаты, потому, что при возможности измерить количество входных дискретов на один выходной дискрет трассы, потом невозможно скалировать их корректно, основываясь на методике измерения этого количества. Величина мигрированной амплитуды очень нелинейна. На нее влияют несколько факторов, таких как: скоростная модель, антиалиасинг фильтр, время прихода, глубина залегания отражающей границы и отношение сигнал-помеха. Поэтому невозможно создать одну функцию передачи, основываясь на плотности входных дискретов, которая корректно отскалирует выходные дискреты. Единственный выход – скалировать амплитуды входных трасс для компенсации их неравномерной плотности.

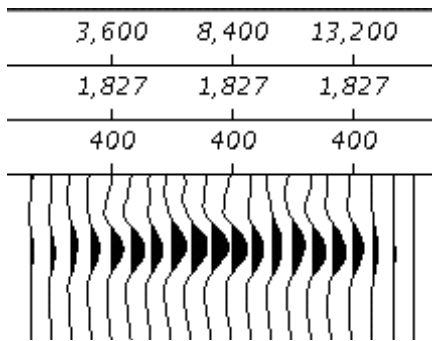


Рис 6: Мигрированная сейсмограмма без применения взвешивания

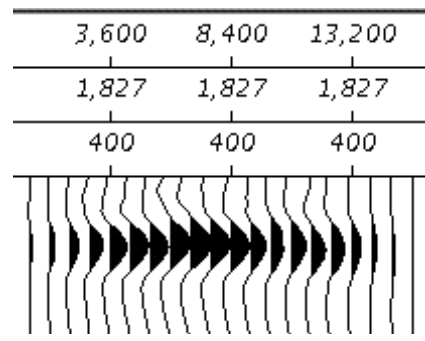


Рис. 7 Мигрированная сейсмограмма с применением взвешивания

Компенсация различной плотности трасс между офсетами.

Как видно из гистограммы (Рис.2) плотность трасс в офсетных бинах существенно различается при бинировании с равномерным шагом. На гистограмме представлена типичная наземная съёмка, где на ближних и дальних офсетах не хватает дискретов, по сравнению со средним офсетом. Поэтому амплитуды ближнего и дальнего офсетов слабые относительно амплитуд среднего офсета. Рис. 6-9 показывают амплитуды, полученные после миграции модельных данных с горизонтальной границей с пространственным распределением, типичным для Рис.1 и плотностью трасс, показанной на гистограмме. Для данной отражающей границы, распределение AVO должно быть равномерным, а на Рис.6 мы видим обычное распределение, когда ближние и дальние офсеты слабее, потому как содержат небольшое количество трасс в бинах. На Рис.7 показаны результаты после применения метода взвешивания по полигонам, описанного выше. Как видно, взвешивание по полигонам выравнивает пространственное распределение по офсетам, но не компенсирует амплитудные различия между офсетными бинами.

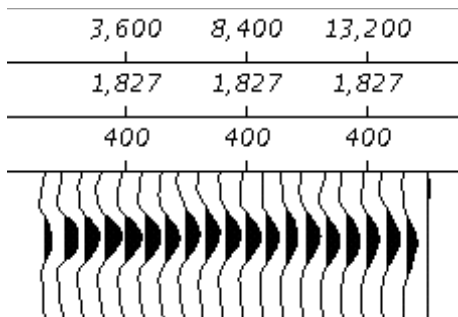


Рис 8: Мигрированная сейсмограмма с применением взвешивания и нормализованных весов

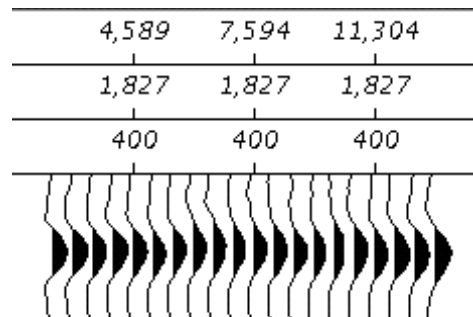


Рис.9: Мигрированная сейсмограмма с применением сбалансированных весов по офсетам

Tsunami имеет два решения для компенсации амплитуд между офсетными бинами. Первое - настроить опцию взвешивания по полигонам так, чтобы скомпенсировать различное количество трасс в каждом офсетном бине. В итоге веса вычисляются для всех офсетов, затем они масштабируются таким образом, чтобы суммы весов для каждого офсетного бина были нормализованы. Это компенсирует веса амплитуд между офсетными бинами. На Рис.8 показан результат применения этого подхода. Как видно газер имеет более равномерное распределение амплитуд. Издержки этого подхода в том, что при увеличении амплитуд ближнеофсетных зашумленных трасс, суммированный разрез будет иметь более высокий уровень высокочастотного шума. Но как и во многих геофизических процедурах необходимо находить компромисс между потерями и приобретениями.

Table of Offsets For Balancing Trace Population			
Offset	Number of Traces	Offset	Number of Traces
1047	399922	7594	400212
2540	400415	8138	400197
3334	400460	8716	400216
3993	399827	9318	400635
4589	400416	9951	399480
5135	399905	10613	400970
5647	400749	11314	300267
6141	398455	12036	401582
6620	402327	12826	400184
7095	400014	19561	400406

Рис.10 Таблица офсетов для создания сбалансированных офсетных бинов

Второе – задать инкременты выходных офсетов такими, чтобы каждый офсетный бин содержал в себе одинаковое количество исходных трасс. В этом случае бинирование выходных офсетов будет с неравномерным шагом. На Рис.10 приведены значения офсетов в случае, когда исходные трассы поделены на двадцать равномерных офсетных бинов. Как и ожидалось, инкремент у ближних и дальних офсетов больше, чем у средних. Такое регулирование по количеству входных трасс естественно балансирует амплитуды выходных мигрированных сейсмограмм. Как видно из Рис.9 амплитуды отражения равномерны по всей сейсмограмме. В случаях, когда можно применить этот подход, можно достичь лучших результатов.

Заключение

Мы показали, что можно компенсировать непостоянство амплитуд, вызванное неравномерностью геометрии, используя комбинацию различных подходов. Один из способов – компенсировать неравномерность пространственного распределения трасс путем взвешивания входных трасс каждого бина. Второй – компенсировать амплитудные вариации между офсетными бинами, нормализуя рассчитанные веса между офсетными бинами, или, создавая офсетные бины с одинаковым количеством трасс в них. Применяя комбинацию этих методов можно существенно уменьшить влияние следов расстановки на амплитуды.

В любом случае пользователь должен сделать серию тестов на целевых профилях для подтверждения эффективности выбранного подхода. В некоторых случаях, когда неравномерность крайне высока, результат может быть не таким успешным, как показано в этой статье. Также возможно, что в процессе балансировки входных трасс, ближний выходной офсет будет усилен больше, чем это необходимо. Это может произойти, в случае, когда ближние офсеты недостаточно бинированы. Лог файл покажет рассчитанные офсеты, когда они рассчитываются с неравномерным пространственным шагом. Пакет Tsunami также предлагает пользователю возможность ввести список желаемых офсетов. В этом случае можно получить любой шаг по офсетам.

Ограничения и новые разработки

Мы продолжаем разработки в направлении уменьшения влияния геометрии съемки на амплитуды. Предложенный метод полигонов принимает во внимание только местонахождение трассы. Поэтому, по существу, это решение первого порядка. Как видно из Рис. 4 и 5 оно показывает значительное улучшение. Однако этот метод не принимает во внимание азимут трасс, скоростную модель или время/глубину отражений. В то время, как эти методы позволяют нам добиваться значительного улучшения, мы считаем, что есть возможность для дальнейшего совершенствования алгоритма. В данный момент мы заканчиваем исследования,

которые позволят нам более точно моделировать веса входных трасс. Применяя процесс инверсии и оператор миграции, будет возможно более точно отрегулировать веса входных трасс таким образом, что изображение на Рис.5 будет выглядеть более равномерным. Веса также смогут слегка изменяться по времени/глубине для моделирования изменения импульсной характеристики как функции времени (глубины). По мере нарастания глубины, на мигрированном разрезе наблюдается все большее смещение исходных трасс, и поэтому веса трасс должны быть отрегулированы соответственно. В первом квартале следующего года мы планируем обновить эту статью с демонстрацией новой технологии.

Ссылки

“Reducing 3-D acquisition footprint for 3-D DMO and 3-D prestack migration” Anat Canning and Gerald Gardner, Geophysics Vol 63, No 4, July-Aug 1998, pp 1178-1183