

Полевая обработка в реальном времени и оперативный атрибутивный количественный анализ качества сейсмических данных

Д. Л. Херолд, Н. И. Демидов, Parallel Geoscience Corporation, г. Москва

Современный бурный прогресс в области компьютерных технологий обеспечивает новые возможности во всем цикле геофизических работ и, в частности, в области полевой обработки и контроля качества сейсмических данных.

Так, высокая надежность современных дисковых массивов позволяет ведущим производителям сейсмических регистрирующих систем осуществлять запись и хранение полевых сейсмограмм не на ленточных носителях, как это было прежде, а на внутренних жестких дисках с дублированием информации. Как правило, это не отменяет запись полевого материала также и на современные ленточные носители и DVD, однако, использование внутренних дисков в сеймостанциях нового поколения, таких как SerCEL 408/428, I/O System Four, Прогресс Т-2, Агам Airis, обеспечивает доступ к полевым сейсмограммам в реальном времени, в момент их регистрации сеймостанцией.

Вместе с тем, с ростом технических возможностей возрастает также число активных каналов, используемых при регистрации сейсмических данных, что значительно увеличивает объем полевого материала. Это особенно заметно при проведении 3D сейсмических работ, когда число активных каналов, используемых в отдельных проектах на территории России, достигает уже 2,5 – 3 тысяч. Осуществление контроля качества сейсмического материала такого объема требует новых подходов. Так, например, процедура «ручного» контроля качества с просмотром всех сейсмограмм на экране дисплея становится все более затруднительной, если вообще возможной. Поэтому все большую актуальность приобретают методы автоматического определения бракованных трасс, использование атрибутов качества сейсмических данных. При этом понятно, что чем быстрее осуществлен контроль качества и выявлены недостатки, тем проще и дешевле их исправить или учесть и внести изменения в технологию полевых работ.

Наиболее эффективное решение задачи оперативного контроля качества в условиях большого объема сейсмического материала может быть получено на основе использования современных многоядерных вычислительных систем (от ноутбука до небольшого кластера) и реализации параллельных вычислений. Распараллеливание вычислений позволяет одновременно осуществлять автоматическую отбраковку трасс, расчет и визуализацию нескольких атрибутов качества, а также проводить предварительную обработку, выполняя все эти процедуры в реальном времени.

Так, например, система SPW Field (производитель Parallel Geoscience Corporation) позволяет для каждого из заданий, идущих параллельно, заранее определять количество ядер, которое будет занято на выполнение конкретного задания. Таким образом, зная потребности в вычислительных ресурсах тех или иных обрабатываемых процедур, геофизик может сбалансировано распределять количество ядер между параллельно выполняющимися заданиями с тем, чтобы обеспечить получение результатов в реальном времени. Однако, как правило, граф полевой обработки не включает процедур, требующих больших вычислительных затрат, поэтому 4-х - 8-ми ядерные системы вполне обеспечивают получение результатов обработки и

расчет атрибутов качества со скоростью приблизительно равной скорости получения материала сейсмической партии.

Как уже отмечалось, особое значение при проведении 3D работ с использованием большого числа активных каналов приобретают процедуры автоматического контроля качества. Одной из наиболее трудоемких и ответственных процедур контроля качества является определение бракованных трасс и выставление оценки качества сейсмограммам. Критерии отбраковки и оценки качества могут несколько варьироваться в зависимости от региона проведения работ, разреза ЗМС и ВЧР, а также от установившихся у заказчика традиций и правил. Однако общепринятыми являются критерии, связанные с количеством бракованных трасс в сейсмограмме и их взаимным расположением. Скажем, для некоторых заказчиков, сейсмограмма считается бракованной, если бракованными являются хотя бы две соседние трассы. Понятно, что эти критерии могут меняться в зависимости от числа активных каналов в расстановке и, в какой-то степени, являются предметом переговоров.

В системе SPW-Field предлагается два способа автоматической отбраковки, которые могут использоваться как порознь, так и одновременно. Первый способ основывается на свойстве естественного затухания сейсмической энергии трассы со временем, второй – на спектральном подобии сейсмических трасс в пределах одной сейсмограммы. В обоих способах пороговые значения, по которым бракуется сейсмическая трасса, могут быть установлены на основании опыта предыдущих работ в регионе, а также в процессе опытных работ в начале выполнения проекта. Пороговые значения для отбраковки сейсмограммы в целом устанавливаются в результате соглашения между заказчиком и геофизическим подрядчиком и также являются входными параметрами для процедуры автоматической отбраковки.

При получении очередной сейсмограммы со станции система SPW-Field проверяет ее качество с точки зрения наличия бракованных трасс; при этом последовательно создается рапорт отбраковок, где фиксируются номера сейсмограмм, номера трасс, критерии, по которым произошла отбраковка трассы/сейсмограммы. Создается справка об общем количестве отбракованных сейсмограмм. Рапорт отбраковок представляет собой «гипертекст», что позволяет быстро просмотреть отбракованные сейсмограммы и убедиться в правильности выбранных пороговых значений, а, при необходимости, поправить их.

Результаты автоматической отбраковки удобно дополнять другими количественными атрибутами качества, которые рассчитываются и визуализируются также в реальном времени. Система SPW-Field позволяет получать более десяти атрибутов качества сейсмической записи, которые могут быть рассчитаны как по всей длине записи, так и в выбранном горизонтальном, наклонном или гиперболическом окне. Кроме того, эти атрибуты могут быть получены как для исходных сейсмограмм ОПВ, так и для сейсмограмм ОПП и ОГТ (ОСТ). Значения атрибутов могут быть визуализированы в виде графиков, разрезов и карт.

Система позволяет строить комбинированные изображения атрибутов, накладывая несколько

ГЕОРЕГИСТРАТОРЫ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

графиков на разрез одного атрибута, что позволяет получать комплексное, количественное представление о качестве сейсмического материала. Так на рис. 1 приводится разрез осредненных спектров сейсмограмм ОПВ. На рисунок наложены графики двух атрибутов качества – среднеквадратической амплитуды и осредненной энергетической оценки сейсмограмм. Третий, нижний график показывает глубины взрывных скважин из рапортов оператора.

На разрезе осредненного спектра хорошо видны несколько сейсмограмм, спектр которых заметно отличается от общей картины по профилю. Так, для сейсмограмм в районе пикетов ПК-160, ПК-230, ПК-300 и ПК-312 осредненный спектр сильно смещается в область низких частот. Значительная часть энергии записи оказывается в низкочастотной части спектра с частотами 5-15 Гц, при этом верхняя граница спектра не превышает 30 Гц. При визуализации указанных сейсмограмм обнаружилось, что они содержат широкий конус интенсивных поверхностных волн. Интересно отметить, что глубины взрывных скважин для соответствующих пикетов возбуждения также сильно отличаются от установленной глубины бурения для этого профиля (нижний график), что, очевидно, и вызвало наличие интенсивных поверхностных волн помех.

Понятно, что при проведении работ далеко не всегда имеется возможность использовать информацию о глубине взрывных скважин, однако, в этом случае есть возможность визуализировать вертикальные времена, что также будет давать информацию об условиях возбуждения (рис. 2). Кроме того, эта визуализация также позволит проконтролировать данные о глубинах взрывных скважин.

При проведении работ 3D особое значение начинают приобретать также карты атрибутов качества. Поскольку расчет атрибутов в реальном времени производится в порядке поступления сейсмограмм на станцию, то строящиеся разрезы и графики соответствуют только порядку отработки площади. Как правило, линия этого разреза на плоскости наблюдений не представляет собой прямую, а соединяет ПВ в порядке их отстрела. Такой разрез, безусловно, позволяет оперативно

оценить качество материала на каждом ПВ, увидеть пространственные закономерности. Сделать более общие выводы позволят только карты атрибутов, которые также обновляются в реальном времени. Так, например, на рис. 3 представлена карта доминирующих частот и среднеквадратических амплитуд для небольшого участка 3D профиля. На рисунке хорошо видна зона пониженных амплитуд в левой верхней части площади. На карте доминирующих частот (снизу) этой области соответствуют в целом более высокие частоты. Очевидно, что использование подобных пространственных закономерностей может помочь в получении более качественного материала путем своевременного учета изменяющихся условий возбуждения, геологии верхней части разреза.

Как правило, решения об изменении параметров возбуждения, таких как величина заряда, глубина взрывной скважины, количество накапываний, длина свипа и др. принимаются в результате согласований с представителями заказчика. При этом в настоящее время представитель заказчика может находиться в своем офисе и, также в режиме реального времени, наблюдать на своем мониторе состояние атрибутов качества по мере выполнения сейсмического проекта. Современные интернет-технологии под общим названием Screen Sharing Tools позволяют из офиса нефтяной компании видеть экран (или экраны) компьютера, на котором в реальном времени идет автоматическая отбраковка и визуализация атрибутов качества.

Более того, используя технологии защищенного доступа, специалист, ответственный за проведение сейсмического проекта со стороны нефтяной компании, может по Интернету заходить на полевой компьютер и сам запускать задания в случае, если требуется провести какие-либо дополнительные анализы качества, проверить параметры отбраковки. Он также может открыть, например, файл, в который происходит запись результатов предварительной обработки и посмотреть полученный на данный момент сейсмический куб в двух ортогональных сечениях или на горизонтальных срезах.

Техническая оснащенность современных сейсмических партий позволяет использовать эти

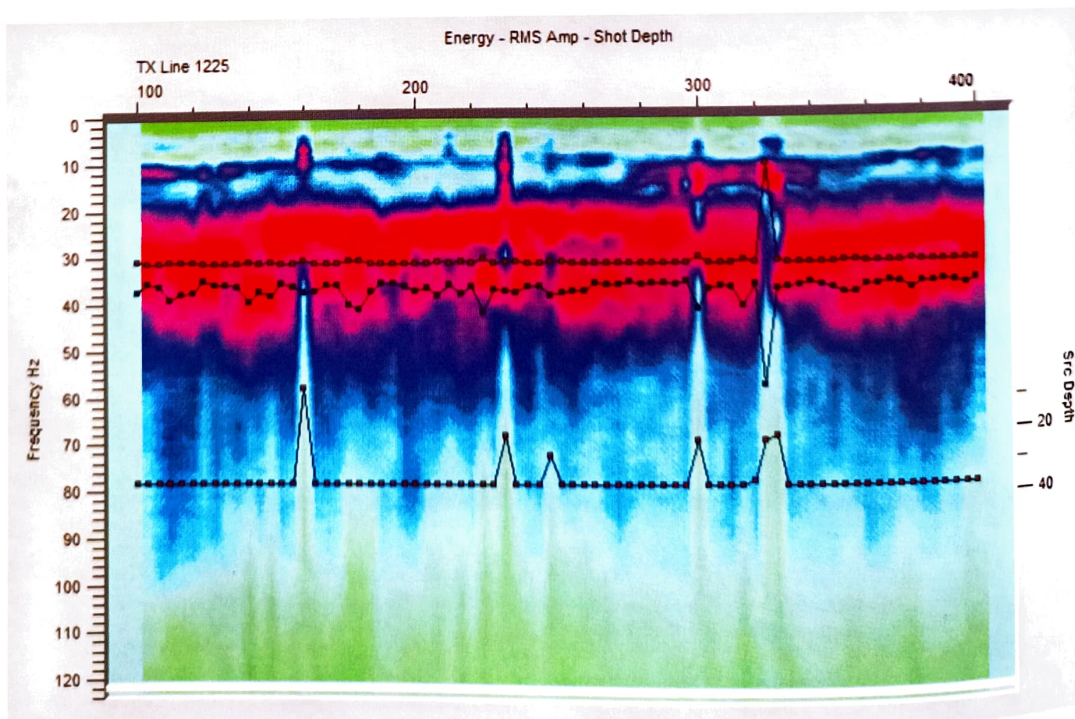


Рис.1. Разрез осредненных спектров сейсмограмм ОПВ.

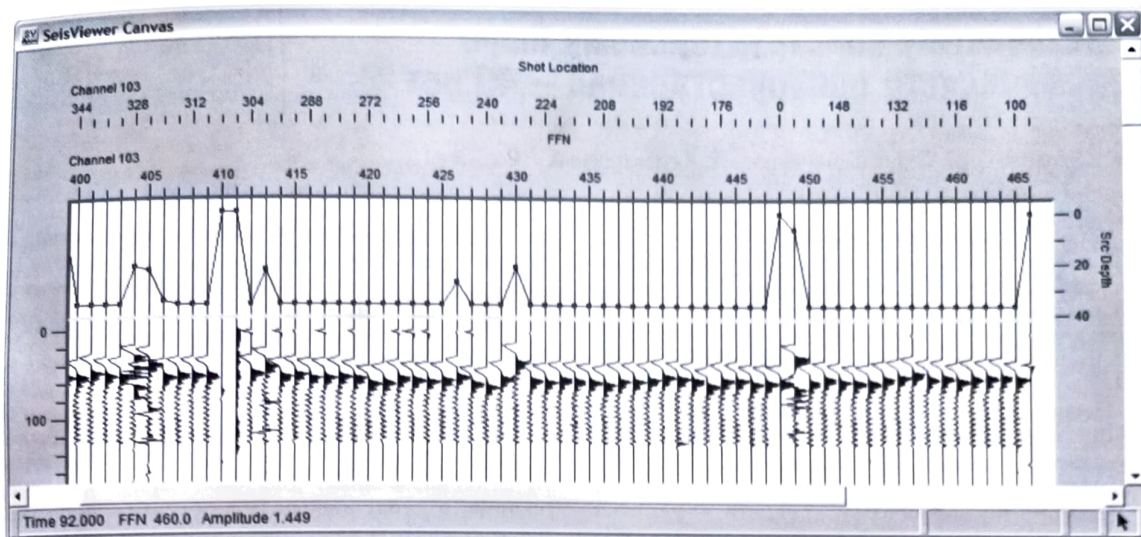


Рис.2. Визуализация вертикальных времен и график глубины скважин

новые интернет-возможности уже сегодня. Так, в России известно несколько примеров использования программы eSQC, устанавливаемой на сейсмостанциях компании Sercel. Осуществляя контроль качества на уровне сейсмограмм, программа eSQC также обеспечивает доступ к полевому материалу из удаленных офисов на основе использования интернет-технологий.

Таким образом, среди основных особенностей системы SPW Field следует отметить:

1. Система SPW Field обладает интерфейсами ко всем сейсмостанциям нового поколения, что позволяет получать полевые сейсмограммы в реальном времени. Физическое соединение с сейсмостанциями осуществляется с помощью сетевого Ethernet кабеля, при этом рабочее место геофизика, отвечающего за контроль качества и предобработку, может находиться как в самой будке сейсмостанции, так и в расположенном неподалеку оборудованном кунге дополнительного автомобиля.

2. Использование операционной среды Windows for Clusters позволяет реализовать параллельные вычисления, легко управлять распределением вычислительных ресурсов многоядерных систем, обеспечивая получение геофизических результатов в реальном времени. При этом сохраняются все удобства работы в среде Windows и возможности использования программ Word, Excel, PowerPoint и др. для составления отчетной документации.

3. Хорошо развитые и простые в использовании процедуры атрибутного количественного анализа качества сейсмического материала. Интерактивные возможности анализа.

4. Использование современных интернет-технологий позволяет реализовать оперативный контроль качества и просмотр результатов предобработки из удаленных офисов, что значительно упрощает процедуру и сокращает время принятия решений.

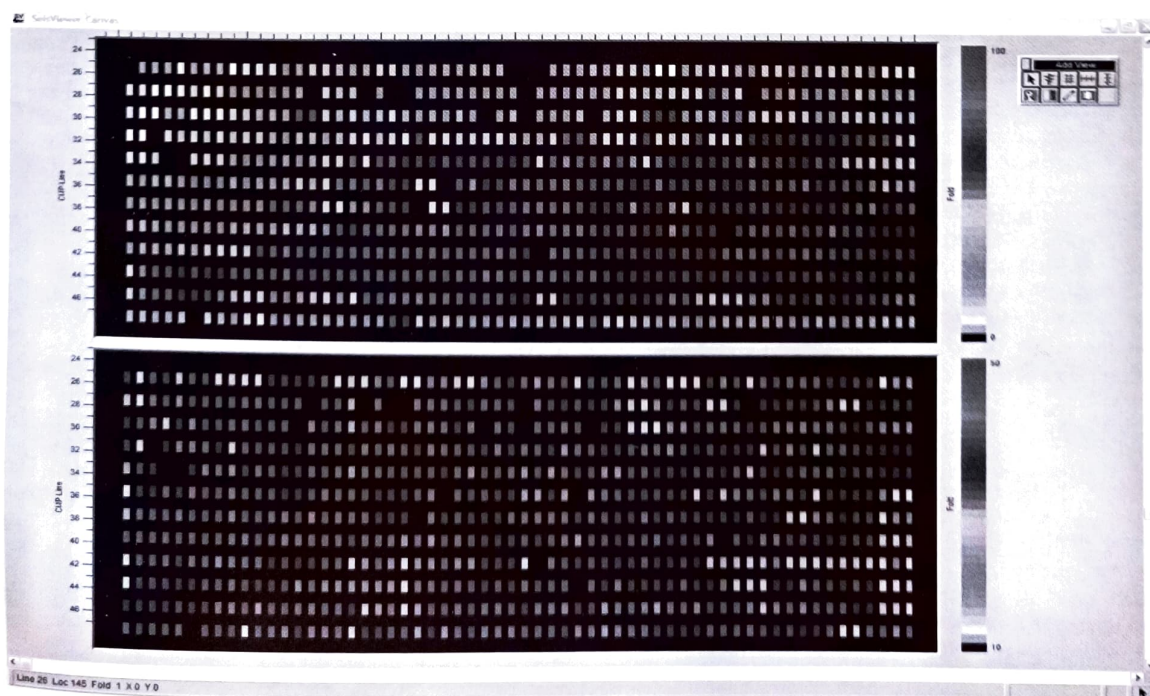


Рис.3. Карты среднеквадратических амплитуд (сверху) и доминирующих частот (снизу)

ГЕОРЕГИСТРАТОРЫ ЗАВТРАШНЕГО ДНЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ