

Обработка данных

Обработка данных сейсморазведки: прошлое, настоящее, будущее

Seismic processing: past, present and future

Мюррей Рот (Murray Roth), исполнительный вице-президент Landmark Graphics по маркетингу и оборудованию, рассказывает, как обработка сейсмических данных будет приспосабливаться к непростой перспективе сокращения объема заказов при увеличении объема данных.

За более чем 40 лет, прошедших с зарождения цифровой обработки данных сейсморазведки, основы процесса мало изменились, хотя вычислительная техника и алгоритмы развивались огромными шагами. Обработчики все также пропускают полевые данные через долгие этапы ввода статических поправок, подавления шумов, и выбора сейсмических параметров, приходя в итоге после миграции и суммирования по ОГТ к получению разреза. К несчастью, возможности отрасли сокращаются, а рост объемов данных напоминает взрыв. Революция в повседневном труде обработчиков не только желательна, но и необходима. В этой статье мы рассмотрим, откуда мы пришли, где находимся сегодня, и куда в ближайшем будущем можем попасть, опираясь на возникающие новинки информационных технологий.

Начало обработки данных сейсморазведки

Впервые в нефтяном деле компьютеры стали применять для обработки сейсмических данных. В 1950-е годы сейсморазведка была аналоговой и сбор, обработку и интерпретацию данных прямо в поле проводил один человек – вычислитель. Днем он прокладывал профили и наблюдал за работами. Ночью он «обрабатывал» аналоговые записи, выделял отражающие горизонты, представляющие интерес, хронометрировал и строил на бумаге каждую сейсмотрассу, рисовал грубый разрез и искал сводовые структуры, которые рекомендовал к разбуриванию.

К концу 1950-х аналоговые записи с применением больших ЭВМ первого поколения (рис. 1) были переведены в цифровую форму. Конечно, для этого нефтяникам пришлось вывести обработку сейсмических данных из поля и перенести ее в централизованные вычислительные центры. Теперь полевые партии вели запись на магнитную ленту, которую пересылали в ВЦ. Там полевые данные превращались в разрезы на бумаге, которые передавались интерпретаторам. Они, сидя еще где-то, сосредоточились на картировании структур и выделении перспективных участков

Так изначально единая «производственная цепочка» исследования – от сбора данных через обработку к интерпретации, – хотя и усиленная новой техникой, распалась на изолированные специальности, разрыв между которыми все возрастал. Воссоединение началось лишь недавно, с опорой на дальнейшее развитие информационных технологий.

С 1960-х до конца 1980-х годов процедуры обработки данных сейсморазведки проводились на больших машинах (mainframes) в пакетном режиме. В 1990-х отдельные части графа обработки перевели на разнообразные новые мощные компьютеры, от интерактивных рабочих станций до многопроцессорных



Рис. 1. В 1950-е годы началось применение ЭВМ в нефтяном деле. Первой задачей стала обработка данных сейсморазведки суперкомпьютеров с параллельным вычислением. В это же время интерпретаторы стали использовать все более сложные программы для анализа и визуализации обработанных сейсмических данных.

Граф обработки данных сейсморазведки

Следует отметить, что за прошедшие 40 лет объемы работ резко выросли, магнитные носители достигли расцвета, мощность процессоров росла по экспоненте, но сам граф обработки изменился очень мало. По сути, задача обработчика состоит в том, чтобы, используя сложную математику и геологические данные, выборочно сократить и упростить объем данных так, чтобы они стали более пригодны для интерпретации. Типичный граф обработки включает:

- Ввод и/или проверка качества геометрической информации
 - Ввод поправок за поглощение в земле и за шумы
 - Улучшение соотношения сигнал-шум
 - Скоростной анализ
 - Миграция разреза – перевод отражающих горизонтов в истинное пространственное положение
 - Сжатие данных или суммирование по ОГТ
- Хотя конечный результат обработки меньше по объему и менее сложен, что упрощает интерпретацию, в ходе суммирования утрачивается геологически значимая информация, которая могла бы дать ценные штрихи к геометрии коллекторов, литологии и, что еще важнее, содержанию флюидов. Исторически, однако, сложилось так, что лишь немногие интерпретаторы работают с данными до суммирования по ОГТ. В то время, как в передовых командах геофизиков стала обычной компьютерная (а не на бумаге) визуализация и интерпретация – часто трехмерная, большинство обработчиков по-прежнему работают с двумерными разрезами по отдельности. Более того, в настоящее время обработка – процесс ручной и требует больших трудозатрат, отрасль стареет, а уровень знаний

Обработка данных

работников снижается. Затраты времени на ручное прослеживание параметров, несмотря на широкую компьютеризацию, сократилось лишь незначительно. Типичный обработчик тратит 30-40% времени на пикирование скоростей и, возможно 20-30% - на проверку геометрии. Таким образом, всего две операции занимают около 60% времени обработчика. Многие необходимые шаги нужно просто механически повторять. Даже тщательное исполнение всего графа обработки не гарантирует качества результата. Качество на выходе прямо зависит от выбора параметров каждой процедуры графа. Качество выбора параметров связано с уровнем навыков работников. К сожалению, опытный обработчик через неделю, через месяц или через год может несколько по-другому выбрать параметры обработки даже для того же набора данных. А если вы найдете суперобработчика, то, при нынешней демографической ситуации в отрасли и склонности к слияниям, нет гарантии, что он будет рядом, когда нужно будет обрабатывать следующий набор данных.

В ближайшие годы, на фоне сокращения числа опытных обработчиков и взлета объемов данных, подлежащих обработке, повышение качества, воспроизводимости результатов и скорости выполнения работы станет жизненно важным для достижения экономического успеха (рис. 2). Замшелые методы прошлого более не приемлемы. Ручное прослеживание параметров на терабайтах данных с прежней плотностью следует запретить для экономии времени и денег. Не считая ускорения существующих старых процедур, могут ли развитые информационные технологии и новые бизнес-модели существенно изменить работу обработчиков-профессионалов, изменить так, чтобы минимизировать нудную работу и максимизировать их способность сосредоточиться на науке?

К счастью, ответ – да. Рассмотрим три главных составляющих грядущей автоматизации обработки данных сейсморазведки: автоматизация самой обработки, интеграция с интерпретацией, создание «производственной цепочки», из разных организаций

Автоматизация в сфере обработки

В других отраслях давно признали необходимым передать машинам задачи, требующие механического

повторения действий, которыми раньше занимались люди. Поэтому, например, автомобильная и машиностроительная промышленность обратились к робототехнике. Почему так не случилось в энергетике? Ведь при общем сокращении числа образованных работников, когда экспертов становится все меньше и меньше, автоматизация никому не грозит снижением уровня жизни. Наоборот, она помогает оставшимся специалистам нацелить способности на то, что у них лучше всего получается, освободив их от утомительных и долгих задач, на которые непозволительно тратить время.

В ближайшее время новые технологии автоматизации обработки сейсмических данных позволят заметно сократить длительность производственного цикла. Что, если обработчики смогут автоматизировать весь процесс скоростного анализа? Что они смогут сделать, если у них будет, скажем, на 30% больше времени? Это не просто мечта, этого можно достичь уже сегодня. Уже несколько лет интерпретаторы пользуются быстродействующими, все более точными, алгоритмами автоматизированного прослеживания горизонтов и разрывных нарушений. Имеются программы обработки, автоматизирующие большую, если не большую, часть процесса прослеживания скоростей. Одна из них автоматически подбирает скоростной закон, чтоб получить максимальный эффект при суммировании по ОГТ; другая – чтобы оптимизировать процесс миграции.

Например, маленькая канадская фирма недавно представила средство автоматического определения скоростного закона для миграции временного разреза и одновременной оптимизации изображения мигрированного разреза, причем вмешательство человека, кроме задания начальных установок, не требуется. При необходимости скорости можно определять для всех положений ОСТ и всех временных интервалов. На нынешних высокоэффективных счетных модулях с параллельным вычислением программ может подобрать скоростной закон быстрее, чем человек, производя за очень короткое время много итераций до тех пор, пока не прекратится улучшение решения. На тестовых примерах машина почти всегда выигрывала у эксперта-человека. Она не только работает быстрее, но и обеспечивает 100-процентную воспроизводимость результатов и лучшее качество мигрированного разреза (рис. 3).

Недавно эту систему использовали при обработке набора данных из 80 млн. трасс с длительностью записи 6 секунд в предположении неизменного скоростного закона. Оценка скоростей традиционным способом заняла полтора месяца, построение разрезов – еще месяц. Программа автоматизации определила скорости всего за три дня, и 12 часов ушло на построение оптимального мигрированного разреза до суммирования по ОГТ. Качество результатов, кстати, произвело на заказчика сильное впечатление. Автоматический подбор скоростного закона – лишь первое из набора средств автоматизации, которые в ближайшие десять лет коренным образом изменят производительность, точность и воспроизводимость результатов обработки данных сейсморазведки.

РАБОТНИКИ С ВЫСШИМ ОБРАЗОВАНИЕМ

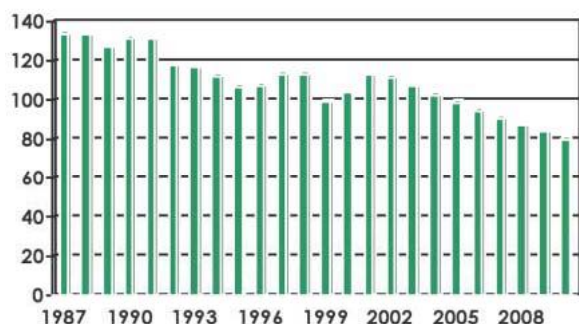


Рис. 2. При сокращении числа опытных обработчиков и росте объемов данных старые подходы неприемлемы

Обработка данных

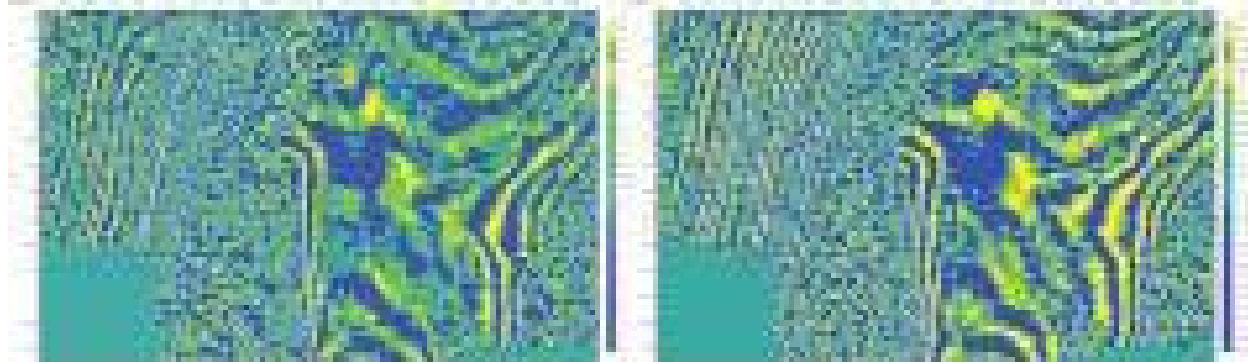


Рис. 3. Временной срез данных наземной 3D съемки по уровню 1 сек по результатам обработки человеком (слева) и машиной (справа). Демонстрируется качество нового алгоритма автоматизации. В машинном рисунке границы соли видны четче.

Интеграция с интерпретацией

Как уже отмечалось, в то время, как интерпретаторы уже несколько лет пользуются преимуществами диалоговых программ 3D-визуализации, обработчики по-прежнему продолжают работать в основном с двумерными изображениями. Редко работая в составе групп интерпретации, обработчики склонны использовать совершенно другие компьютерные системы. Не пользуясь той же техникой и теми же средствами визуализации, что и конечные пользователи сейсмической информации, обработчики часто не видят тех деталей, что видят интерпретаторы. Эта неувязка годами была источником значительных потерь времени и точности. Как заметил один геофизик, «нельзя обработать то, что не видишь». Но положение меняется.

За прошедший год появились программы, в которых начата интеграция новейших технологий визуализации и проверенных средств обработки и создается общая рабочая среда для совместной 3D обработки и интерпретации. Путем совместного доступа к общим данным и равным возможностям визуализации работа в обеих сферах может, наконец, идти совместно, на равных правах в команде. Интерпретаторы могут обеспечить полноценный учет геологической информации на каждом этапе обработки. Обработчики могут просматривать, анализировать, сравнивать и проверять огромные объемы данных - разрезы до и после суммирования по ОГТ, поля и кубы скоростей - быстрее, чем когда-либо (рис. 4). В результате группа лучше понимает тонкости, связанные с обработкой, и более уверена в результате.

При использовании в обработке алгоритмов автоматического скоростного анализа возможен очень быстрый контроль качества результатов, что повышает их геологическую значимость и позволяет представить их с нужной точки зрения. Вместо определения параметров на каждой точке обработчик может действовать методом исключения, то есть менять параметры только там, где к тому есть достаточные геологические предпосылки. Такой симбиоз автоматизации и визуализации освобождает много времени, чтобы сосредоточиться на творческой деятельности или заниматься большим числом задач обработки, или более крупными или сложными задачами.

Еще одно соединение традиционных сфер обработки и интерпретации возможно в новых графах обработки до суммирования по ОГТ. Данные по амплитудам до суммирования позволяют отличать эффекты флюидов от эффектов литологии, которые при суммировании смешиваются и, тем самым, теряются. Сложилось так, что интерпретаторы вынуждены полагаться почти только лишь на данные после суммирования и скважины, поскольку для работы с огромными объемами данных до суммирования не хватает мощности компьютеров, дискового пространства и интегрированных удобных средств анализа и визуализации. Данные до суммирования занимают обычно в 40-60 раз больше места, чем после. Быстродействие и размер (и цена) дисковой памяти современных компьютеров позволяют внедрить полностью интегрированные пакеты для работы с данными до суммирования на каждом рабочем месте интерпретатора. Уже появились программы, позволяющие интерпретаторам анализировать и интерпретировать данные до суммирования по ОГТ.

Используя данные до суммирования, интерпретатор может не только лучше определять свойства пласта (раньше это было делом обработчиков). Легче стало установить, не связаны ли малые изменения с огрехами обработки, которые нужно устранить. Используя общие средства, интерпретаторы и обработчики могут быстро

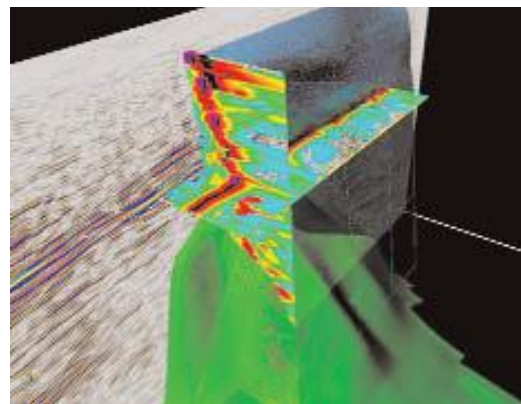


Рис. 4. Общие технологии 3D визуализации позволяют интерпретаторам и обработчикам одновременно просматривать различные данные. Показаны куб скоростей по 3D данным после суммирования и выделенный горизонт.

Обработка данных

двигаться к удовлетворительному результату. Все шире распространяются два современных типа сейсмических данных – многокомпонентная и 4D сейсмика, для которых необходимость использования IT-средств и графов обработки данных до суммирования в будущем станет еще более критической. Регистрируя и Р- и S-волны, многокомпонентная сейсморазведка порождает огромные объемы данных до суммирования, по которым специалисты могут более точно определить количественные характеристики горных пород и флюидов. Ранее лишь несколько компаний могли позволить себе работу с такими объемами данных. Но современная техника параллельных вычислений и более экономичные системы сбора многокомпонентных данных ломают эти преграды. Повторные (4D) сейсмические наблюдения все чаще используются для контроля добычи, поскольку отмечается общий сдвиг в сторону оптимизации добычи на действующих месторождениях. Обычно геологи пытались совместить несколько наборов 3D данных после суммирования и обнаружить изменения в движении флюидов. Переход к полному 4D анализу данных до суммирования позволит сравнивать более богатые данные, даст дополнительные возможности моделировать изменение коллекторов, используя всю информацию о флюидах и добыче.

В будущем эти и им подобные средства произведут переворот в традиционных способах обработки данных сейсморазведки и позволят энергетическим компаниям получать больший доход от инвестиций в разведку, технологии и людей.

Оптимизация производственных связей

Как уже отмечалось, в свое время обработка данных была частью единого «производственного процесса» разведки месторождения, который начинался с полевых работ и заканчивался рекомендацией мест закладки скважин. К сожалению, за прошедшие 40 лет основные этапы этого процесса сильно отделились друг от друга. Обычно каждым этапом занимается совершенно самостоятельная организация: производственная фирма, фирма-обработчик и нефтяная компания. Слабые связи в производственной цепочке снижают эффективность всего процесса разведки.

Например, если интерпретатор считает нужным провести повторную обработку данных, он обычно обращается в группу хранения данных своей организации, которая записывает данные на магнитную ленту и направляет их в другую организацию, где данные загружат на другой компьютер и проведут повторную обработку. У обработчиков обычно нет доступа к результатам интерпретации, хотя это могло бы значительно улучшить их результаты. Результаты промежуточного контроля качества можно отправить на проверку к интерпретатору, но другого реального сотрудничества нет. Конечный результат опять записывается на ленту, передаются заказчику, и загружаются в программу интерпретации. Такой долгий последовательный процесс отнимает слишком много времени и сил. В итоге, оказывается, довольно трудно провести обработку оптимально для каждой цели интерпретации.



Рис. 5. Вычислительные центры, как этот в Денвере, предоставляют интерпретаторам и обработчикам удаленный доступ через Интернет к общим средствам

Один из способов преодолеть этот разрыв – вернуть обработчиков – в нефтяные компании и сделать их частью интерпретационной группы, то есть объединить их. Но при сложившейся демографической ситуации лишь немногие организации имеют собственные группы обработки. Большинство пользуется услугами сторонних организаций, часто расположенных в другом месте. Таким образом, вопрос сегодня ставится так: как преодолеть границы отдельных организаций, чтобы оптимизировать процесс разведки. Ответ дают новые бизнес-модели, основанные на всепроникающих связях через Интернет. Теперь отдельные участники производственной цепочки не обязательно должны находиться рядом, чтобы работать вместе. С появлением в Интернете общих вычислительных центров (рис. 5) создается возможность обеспечить обработчикам и интерпретаторам в любой точке мира удаленный доступ к единым средствам работы с сейсмическими данными, вычислительным мощностям и программам интерпретации. Во многих добывающих регионах мира – в Северной Америке, в Европе, на Ближнем Востоке – возникают «центры управления ресурсами»

Теперь, «по ходу» интерпретации можно параллельно проводить повторную обработку данных без записи, считывания и перевозки лент. Конечный пользователь имеет постоянный доступ к результатам каждого шага обработки и может воспользоваться своими уникальными знаниями в геологии, чтобы заверить результат перед следующим шагом. Если для решения задачи нужно привлечь эксперта из другого города или страны, он может просто подключиться через Интернет и быстро войти в команду. Кроме того, маленькие группы опытных обработчиков, которые не могут позволить себе постоянно обновлять оборудование, чтобы не отстать от конкурентов, без дополнительных капиталовложений получают удаленный доступ к огромным вычислительным мощностям по мере необходимости.

Обработка данных

Образуя сеть через Интернет и привлекая опытных работников со стороны, профессиональные обработчики начинают получать выгоду от формирования глобальной «экосистемы разведки и эксплуатации месторождений». В прошлом оптимизация производственной цепочки происходила в основном за счет прорывов в отдельных сферах и интеграцией процессов в пределах одной организации. В будущем мы увидим в отрасли все больше и больше примеров оптимизации производственных связей между разными предприятиями, что мы и называем «интеграцией в экосистему».

Вот один из первых примеров пользы, которую может принести новая бизнес-модель. Компания-обработчик из Денвера получила от фирмы с Западного побережья США заказ на миграцию 3D данных до суммирования по ОГТ, для чего требовались большие вычислительные мощности. Проверив граф в мощном (200 процессоров под управлением ОС Linux и более 30 терабайт дискового пространства) вычислительном центре другой денверской компании, обработчики решили выполнить работу в режиме удаленного доступа. Чтобы обеспечить качество и содержательность скоростного анализа, использовался алгоритм автоматизации, рассмотренный выше. В итоге в виртуальной команде над проектом для калифорнийского заказчика работали специалисты из трех компаний (двух из Колорадо и одной из Калгари). Для представления результатов использовались рассмотренные выше новые общие средства визуализации. Опробовав технические составляющие этого подхода, в том числе удаленный доступ, безопасность, целостность алгоритмов обработки, эта маленькая группа из Денвера может теперь браться за такие задачи, о которых раньше не могла и думать, в тех местах, где, может быть, никогда и не бывала.

С развитием «экосистемы разведки и эксплуатации месторождений» компании смогут «по первому требованию» получать доступ к еще большим вычислительным мощностям. Маленькая команда обработчиков, протянувшись через часовые пояса и страны, может на время стать крупнейшей в мире группой обработки, задействующей через Интернет тысячи и десятки тысяч вычислительных узлов. Это, конечно, изменит обработку данных сейсморазведки, так радикально, как никогда раньше.

Заключение

Несмотря на постоянное развитие вычислительных систем со времени появления в 1950-х годах обработки данных сейсморазведки, граф обработки мало менялся на протяжении десятилетий. Сегодня опытных обработчиков становится все меньше, и они могут не справиться с возрастающими объемами данных. Новые подходы обещают в ближайшем будущем совершить переворот в обработке данных. Автоматизация процедур в сфере обработки резко сократит затраты времени и позволит специалистам извлекать из данных больше пользы. Общие средства визуализации позволят группам интерпретации сотрудничать более эффективно. А глобальная «интеграция в экосистему» предприятий отрасли оптимизирует производственные связи так, что на рост спроса на нефть и газ энергетические компании ответят внедрением новых технологий, а не еще большим укрупнением.