

Мpick и ИИ: Новые возможности в автоматической пикировке первых вступлений

■ Силкин А.М., Багрова И.А., Ревяко А.В., ЗАО «МиМГО», г. Москва

Вступление

В настоящее время нейросети все активнее входят во все аспекты жизни. С каждым годом машины способны решать все больше задач, за которые раньше отвечали люди. Кроме того, делают это качественнее и во многих случаях дешевле. Мы пользуемся результатами их деятельности как в повседневной жизни, так и на работе. В геологии нейросети также находят себе все большее применение. В Российских и зарубежных компаниях ведутся исследования в этой области.

В данной статье рассказывается о разработанном в ЗАО «МиМГО» инструменте «МPick», который в рамках обработки сейсмических данных помогает специалистам выполнять пикировку первых вступлений. Описан сам алгоритм работы программы, основанный на машинном обучении, показана эффективность работы программного обеспечения, а также приведены примеры результатов на проектах.

Основная часть

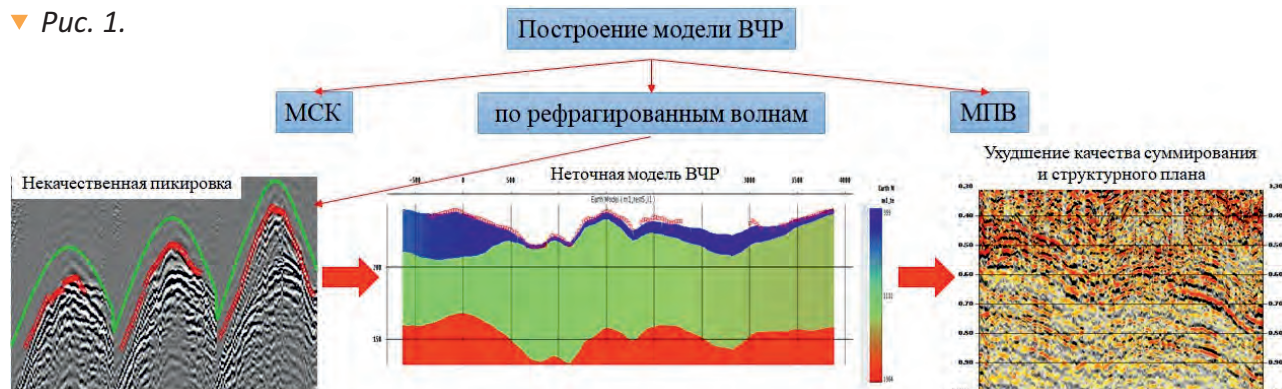
Основным методом построения модели верхней части разреза (ВЧР) для расчета статических поправок, помимо данных МСК или МПВ, является метод

построения по рефрагированной волне. Для его реализации необходимо выполнить пикировку первых вступлений волны на всех полевых сейсмограммах с высокой точностью. От качества выполненной пикировки напрямую зависит качество получаемой модели ВЧР (Рис.1).

Каждый обрабатывающий комплекс включает в себя внутренний алгоритм автоматической пикировки, но быстро получить хороший результат бывает тяжело, и практически в любом случае требуется дополнительная правка пикировок в ручном режиме, что существенно замедляет работу. Для ускорения производственного процесса данные зачастую делятся на сегменты, привлекаются дополнительные специалисты, но такой подход может повлечь за собой сразу несколько проблем: внесение субъективизма, связанного с разными подходами к пикировке у разных специалистов, а как следствие – появление краевых эффектов на границах блоков, проявляющихся на картах скоростей в виде линейных или сегментальных полос.

Комплексным решением данной проблемы, связанной как с экономией затрачиваемого на работу времени, так и с качеством получаемой скоростной модели является автоматическое выпол-

▼ Рис. 1.



нение пикировок одновременно по всей сейсмической съемке с применением элементов машинного обучения, что и реализовано в «MPick».

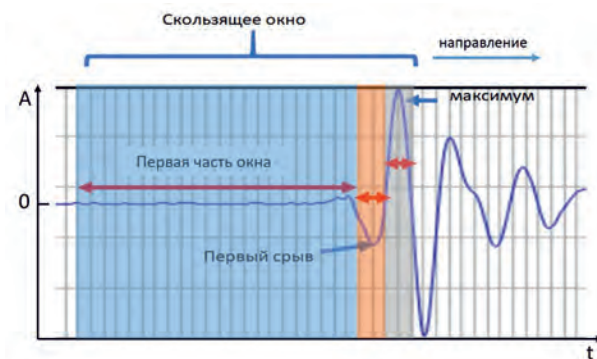
Описание алгоритма

В процессе разработки «MPick» алгоритм, который основывался исключительно на использовании нейронных сетей, давал хороший результат только для сейсмограмм, похожих на те, которые были использованы при обучении. На сейсмограммах с отличающимися характеристиками, к сожалению, возникали ошибки пикировок даже для относительно простых случаев, поэтому в конечном итоге в инструменте был реализован комбинированный подход.

Последовательность работы в программе включает в себя следующие основные шаги:

- Сначала считывается SEG-Y-файл и задается коридор возможного положения первых вступлений на основе заданных значений зависимости скоростей от удаления или имеющихся пикировок.
- Затем происходит непосредственно пикировка первых вступлений и их предобработка, включающая в себя удаление и корректировку грубых отскоков, и простое сглаживание кривой пикировок.
- На последнем шаге происходит интеллектуальная корректировка пикировок на основе сравнения скоростей по ПВ и ПП с учетом азимутов направления. Здесь предусмотрены 2 различных алгоритма (линейный и полиномиальный).
- В конце пикировки выписываются в заданный файл, есть возможность его разбиения на отдельные блоки.

При составлении задания на пикировку есть возможность комбинировать



▲ Рис. 2.

используемые модули в любом порядке и количестве, а также предусмотрена возможность выводить файлы пикировок на любом шаге или выполнять процесс итеративно.

Для первичного определения первого вступления наиболее устойчивыми показали себя подходы, основанные на вычислении вероятности положения точки отдельно по каждой трассе, и последующей ее интеллектуальной корректировки на основе площадного анализа положения таких точек на соседних трассах. Вероятность положения точки первого вступления по трассе определяется на основе анализа сейсмических амплитуд в скользящем окне заданного размера (Рис.2). Само скользящее окно при этом разбивается на интервалы, которые описывают отдельные части сейсмической волны:

- первая часть окна описывает часть волны, где еще нет возмущений первого вступления, что может характеризоваться относительно маленькими изменениями амплитуд.
- средняя часть окна должна характеризовать минимум или «первый срыв» волны.
- передняя часть окна характеризует максимум волны.

Наиболее простой способ оценки вероятности выполняется по формуле (1), в которой участвуют среднее значе-

ние амплитуд в первой части скользящего окна, а также амплитуды в зонах максимума и минимума волны. Кроме этого, можно добавить логические ограничения для выделения мест, где нужно считать эту формулу, для ускорения работы программы. На этом шаге мы имеем еще довольно грубое приближение пикировки и широкий кроссплот зависимости время-удаление (Рис. 3, а). Для поиска грубых отскоков точек первого вступления применяется следующее уравнение:

$$\left| V_2 - \frac{V_1 + V_3}{2} \right| > \text{porog}, \quad (1)$$

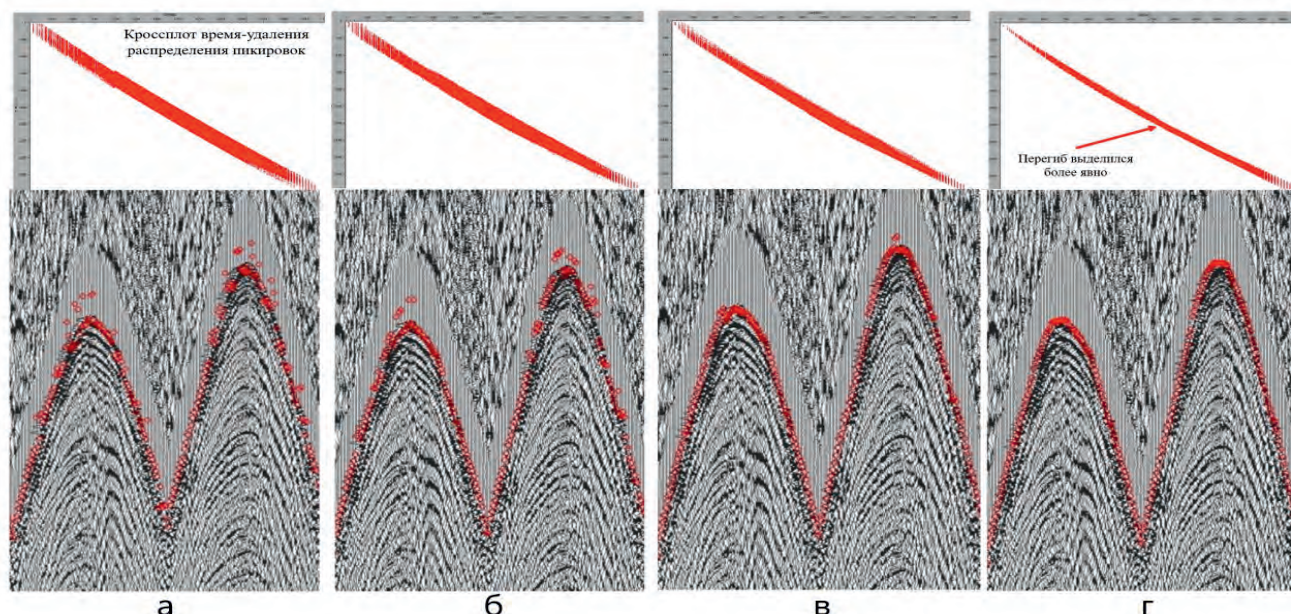
где V_2 - значение кажущейся скорости в тестируемой точке,

V_1 и V_3 - значения кажущейся скорости в соседних точках (кол-во соседних точек задается пользователем),

porog - порог изменения скоростей (задается пользователем).

Этот шаг основан на предположении, что кажущаяся скорость должна изменяться от точки к точке плавно без резких скачков. После этого шага пикировка и кроссплот несколько улучшились (Рис. 3, б).

▼ Рис. 3.



Простое осреднение кривой пикировок (Рис. 3, в) выполняется с вычислением среднего значения кажущихся скоростей сейсмических волн для полученных точек первых вступлений на соседних трассах по следующей формуле (2):

$$\text{time} = \text{offset} / \frac{\sum \text{velocity}_i}{N}, \quad (2)$$

где $\frac{\sum \text{velocity}_i}{N}$ - среднее значение кажущейся скорости для соседних трасс, окружающих трассу с текущей точкой (база сглаживания задается пользователем),

offset - значения удаления для текущей точки.

Интеллектуальная корректировка пикировок на основе сравнения скоростей по пунктам взрыва и пунктам приема выполняется по более сложной формуле, учитывая пространственное положение текущей точки приема и точки взрыва и азимуты направления от ПВ до ПП. Применяемый в «MPick» алгоритм использует элементы машинного обучения аналогичные технологии регрессии на основе нейронных ограничений выборки для корректировок. В его работе используются нейронные сети Кохонена. Такой



▲ Рис. 4.

подход позволяет ограничить массив пар ПП-ПВ для коррекции времени первых вступлений и выбрать физически и геологически близкие пары с близкими кажущимися скоростями.

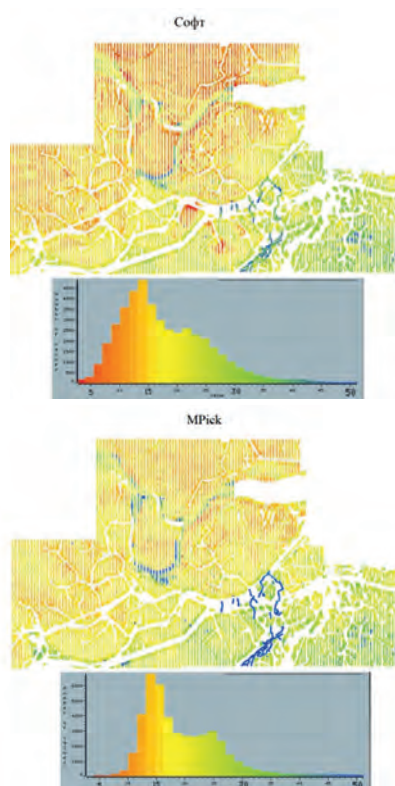
Когда такой набор определен, то можно вычислить скорректированное значение времени первого вступления по формуле подобной предыдущему шагу. После этого шага алгоритма мы получаем финальные пикировки первых вступлений. Следует обратить внимание, что все пикировки заняли правильное положение, даже те, которые на всех предыдущих шагах стояли не на своем месте. Кроме того, кроссплот распределения стал выглядеть гораздо собраннее, и на нем четко выделяется перегиб между слоями (Рис. 3, г).

Использование в работе

Компания «МиМГО» активно применяет «MPick» в производственном процессе уже несколько лет. Несмотря на то, что настройка параметров может занимать несколько часов, это помогает выиграть время без потери качества пикировки.

В качестве примера проиллюстрирован участок исследований площадью 700 кв. км с кратностью наблюдений 64. Территория осложнена совокупным влиянием ряда негативных факторов, объединенных в эксклюзивные зоны (Рис. 4).

На пикировку всего объема сейсмических данных специалистам потребовался 1 день, тогда как раньше, с использованием встроенного инструмента обрабатывающего комплекса, время работы составляло 5-7 дней. Использование «MPick» на начальном этапе позволило не только сократить время, затрачиваемое на этапе построения модели ВЧР, но и получить более корректное статическое решение по сравнению с полученным по ручной пикировке. На Рис. 5 показаны карты статических поправок, полученные с применением разных инструментов.



◀ Рис. 5.

Площадь	S, км	Кратность	Стороннее ПО, дни	MPick, дни
1	200	64	5-7	1
2	685	121	80	7
3	255	144	40-45	7
4	800	10-70		3-4

▲ Табл. 1.

Для понимания общей эффективности от применения разработанного инструмента в таблице 1 представлены сравнительные результаты затраченного на пикировку времени. Специалисты сократили свои временные затраты в более чем в 5 раз, что напрямую сказывается на сроках проектных работ.

Выводы

- Текущая версия «MPick» была разработана для работы с полевыми сейсморазведочными данными минимально-фазового вида
- Программа позволяет производить расчеты на больших массивах данных, одновременно по всей сейсмической съемке. Это дает возможность получить однородные карты скоростей и избежать краевых эффектов при расчете статических поправок, что исключает влияние субъективности в обработке.
- Ускорить процесс пикирования первых вступлений, что значительно сокращает время выполнения данного этапа работ по сравнению с «ручной» или полуавтоматической пикировкой, а это позволяет сократить сроки выполнения проекта или уделить больше времени другим процедурам графа обработки.
- Минимизировать ошибки, основанные на человеческом факторе при работе в ручном режиме. (При привлечении большого количества сотрудников для ускорения процесса)

Таким образом, «MPick» позволяет существенно экономить время при расчете статических поправок, без потери качества получаемого результата.

Концепция развития:

- Программа имеет открытую архитектуру, что позволяет при необходимости легко добавлять к ней новые модули и алгоритмы.
- Добавить возможность учета дополнительной априорной информации (карты известных скоростей в ВЧР, полученные другими методами и пр.) для возможности более точного расположения первоначальных пикировок.

Литература

1. Козырев В.С., Жуков А.П., Коротков И.П., Жуков А.А., Шнеерсон М.Б. Учет неоднородностей верхней части разреза в сейсморазведке. 2003г.
2. Wong L.J., Vassiliou A. Stromberg R., 2021, AI-complemented first-break picking for field low-S/N seismic data. The Leading Edge, June 2021.
3. Priezzhev I.I., P.C.H. Veeken, S.V. Egorov, A.N. Nikiforov, 2019, Seismic waveform classification based on Kohonen 3D neural networks with RGB visualization, First Break, Volume 37, Issue 2, Feb 2019, p. 37–43.