



(19) KG (11) 2101 (13) C1  
(51) G01V 1/28 (2018.01)

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И ИНОВАЦИЙ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

### (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Кыргызской Республики под ответственность заявителя (владельца)

(21) 20170098.1

(22) 06.09.2017

(31) 201610807449.8 201610805294.4

(32) 07.09.2016

(33) СН

(46) 31.10.2018, Бюл. № 10

(71) Чайна Петролеум энд Кемикал Корпорейшн, Синопек Геофизикал Рисёрч Инститют (CN)

(72) КСУ Кей, ТАНГ Джинлианг, ВАНГ Шиксинг (CN)

(73) Синопек Геофизикал Рисёрч Инститют, Чайна Петролеум энд Кемикал Корпорейшн (CN)

(56) WANG Ke-wen, LI Lu-ming, SHEN Ming-cheng, MA Mi, CHEN Yu-ying, WANG KE-mu. Frequency Dommain Full Waveform Invesion Study Based on Quasi-Newton Metod // State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu 610059, Key Lab of Earth Exploration & Information Techniques of Ministry of Education, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China, Yile Middle School of Zhenxiong County, Yunnan Province, Zhaotong 657216, China, Yunnan Branch of China Telecom, Kunming City, Yunnan Province, Kunming 650200, China

#### (54) Способ и система оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции

(57) Настоящее раскрытие относится к технической области сейморазведки и, в частности, к способу и системе оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции

Задачей настоящего раскрытия является разработка способа и системы оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции с целью улучшения точности прогнозирования пласта.

Поставленная задача в способе и системе оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, где замещение скорости выполняется на основе модели скорости миграции времени до суммирования, чтобы получить множество замещающих скоростей миграции; миграция времени до суммирования выполняется на основе множества замещающих скоростей миграции, чтобы получить множество объемов сейсмических данных после суммирования; трехмерное окно куба выбирается на основе характеристик сейсмической реакции карстовой пещеры; разреженные статистические данные сейсмической трассы или разреженные статистические данные атрибута сейсмической трассы получают, соответственно, из каждого из объемов сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба; и, оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу получают путем оптимизации определения.

2 н. п. ф., 24 з. п. ф., 12 фиг.

Настоящее изобретение относится к технической области сейморазведки и, в частности, к способу и системе оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции.

В сейморазведке карбонатные породы, как нетрадиционные пещеры, обычно развиваются в крупные карстовые пещеры, в которых просматриваются шариковые формы (сокращённо «шарики») сейсмической реакции в сейсмическом профиле. Виды «шариков» тесно связаны с моде-

лью скорости миграции. В частности, когда скорость миграции слишком велика, вид «шарика» будет гнуться вверх и иметь относительно слабую энергию; когда скорость миграции слишком мала, вид «шарика» будет прогибаться вниз и иметь относительно слабую энергию; и когда скорость миграции имеет просто правильное значение, вид «шарика» - сходящийся, и имеет сильнейшую энергию. Однако, поскольку обычный подбор спектра скоростей основан на относительно большом диапазоне, модель скорости миграции является неточной. В результате вид «шарика» обычно сгибаются вверх или вниз. Неточные изображения «шариков» не облегчат последующее бурение и дальнейшее прогнозирование пласта. Для решения проблемы не сходящегося вида «шариков» нетрадиционной пещеры карбонатных пород, в известном уровне техники, как правило, используется изобразительный способ миграции наименьших квадратов для получения сходящегося вида «шариков».

Выявлено, что способ расчетного изображения миграции наименьших квадратов относительно широко применяется в сейморазведке, например в статье авторов SHEN Xiong-jun, LIU Neng - chao. Split - step least - squares migration // Hangzhou Dibo geophysical Engineering Technology Co., Ltd., Hangzhou 310000, China; land octan Energy Services Co., Ltd., Beijing 100084, China.

Способ сильно зависит от исходной модели и сходимости, очень легко попасть в местный экстремум, что приведет к тому, что шариковые формы сейсмической реакции никогда не сойдутся в одной точке.

Более совершенным является метод полноволновой инверсии, по работе авторов: WANG Ke-wen, LI Lu-ming, SHEN Ming-cheng, MA Mi, CHEN Yu-ying, WANG KE-mu. Frequency Domain Full Waveform Invesion Study Based on Quasi-Newton Metod // State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu 610059, Key Lab of Earth Exploration & Information Techniques of Ministry of Education, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China, Yile Middle School of Zhenxiong County, Yunnan Province, Zhaotong 657216, China, Yunnan Branch of China Telecom, Kunming City, Yunnan Province, Kunming 650200, China.

Информация, раскрытая в уровне техники настоящего изобретения, направлена на содействие углубленному пониманию общего уровня техники настоящего раскрытия, что не может считаться признанием или каким-то образом подтверждением информации, составляющей традиционные знания, хорошо известные специалистам в данной области техники.

Задачей настоящего изобретения является разработка способа и системы оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции с целью улучшения точности прогнозирования пласта.

Поставленная задача решается в способе и системе оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции. Согласно данному раскрытию непрерывная миграция времени перед суммированием может быть выполнена замещением скорости миграции целевого слоя для получения профилей миграции с различными эффектами изображения, а оптимизированная скорость миграции и оптимизированная сейсмическая трасса могут быть получены в соответствии с разницей между разреженными статистическими данными, чтобы улучшить точность прогнозирования пласта и степень успешности бурения.

Согласно одному из аспектов, настоящее раскрытие представляет собой способ оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, который включает в себя стадии:

- осуществление замещения скорости на основе модели скорости миграции времени до суммирования для получения множества замещающих скоростей миграции;
- осуществление миграции времени до суммирования, основанной на множестве замещающих скоростей миграции, для получения множества объемов сейсмических данных после суммирования, соответствующих множеству замещающих скоростей миграции один к одному;
- осуществление отбора трехмерного окна куба на основе характеристики сейсмической реакции карстовой пещеры по сейсмическим данным;
- получение разреженных статистических данных сейсмической трассы или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы из каждого объема сейсмических данных после суммирования, соответственно, в трехмерном окне куба; и
- получение оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы через оптимизацию определения на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы, соответствующим всем объемам сейсмических данных после суммирования.

Предпочтительно, что разреженные статистические данные сейсмической трассы, соответствующие объемам сейсмических данных после суммирования, получают согласно критерию нормы L1 или критерию нормы Коши.

Предпочтительно, что способ дополнительно включает в себя определение максимального значения разреженных статистических данных сейсмической трассы и соответствующего индекса на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

Предпочтительно, что способ дополнительно включает в себя осуществление ограничения плавности оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы, полученных в нем, соответственно.

Предпочтительно, что атрибут сейсмической трассы представляет собой статистическую мгновенную амплитуду.

Предпочтительно, что стадия получения разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды соответственно объему сейсмических данных после суммирования, включает в себя: перепись мгновенных амплитуд объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, в соответствии с критерием нормы L1, для получения разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих объему сейсмических данных после суммирования.

Предпочтительно, что стадия получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы посредством оптимизации определения на основе разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующим всем объемам сейсмических данных после суммирования, включает в себя: оценивание максимальной величины разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующего индекса, на основе разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования для получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы.

Предпочтительно, что способ дополнительно включает в себя подгонку разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования через алгоритм экстремального регулирования наименьших квадратов, для получения максимального значения разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующего индекса.

Предпочтительно, что атрибут сейсмической трассы представляет собой статистическую разницу времени.

Предпочтительно, что стадия получения разреженных статистических данных статистической разницы времени, соответствующих объему сейсмических данных после суммирования, включает в себя: учёт информации о разнице времени из объёма сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, согласно критерию нормы L1, чтобы получить разреженные статистические данные о статистической разнице времени, соответствующие объему сейсмических данных после суммирования.

Предпочтительно, что стадия переписи информации разницы времени включает в себя представление каждой точки отбора проб из объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, окружающими многократными трассами и многократными точками отбора проб, выполняя

кадровое сканирование сейсмических данных, выбирая центральную трассу как опорную, производя кросс-корреляцию других трасс в трехмерном окне куба с центральной трассой и получая информацию о разнице времени, когда функция кросс-корреляции имеет максимальную величину.

Предпочтительно, что стадия получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы через оптимизацию определения, основанной на разреженных статистических данных статистической разницы времени, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, включает в себя: оценивание минимального значения разреженных статистических данных статистической разницы времени и соответствующий индекс, основанных на разреженных статистических данных статистической разницы времени, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, путём подгонки че-

рез алгоритм экстремального регулирования наименьших квадратов для получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы.

Предпочтительно, что стадия получения множества объемов замещающих скоростей миграции, включает в себя: определение минимальной замещающей скорости, максимальной замещающей скорости и интервала смены замещающей скорости, основанной на модели скорости миграции времени до суммирования, и выполнение замещения скорости на существующей скорости миграции вдоль маркерного слоя, чтобы получить множество объемов замещающей скорости миграции.

В соответствии с другим аспектом, настоящее раскрытие представляет собой систему оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, которая включает в себя:

- замещающий блок, сконфигурированный для выполнения замещения скорости на основе модели скорости временной миграции перед суммированием, чтобы получить множество объемов замещающих скоростей миграции;

- миграционный блок, сконфигурированный для выполнения миграции времени до суммирования, основанный на множестве объемов замещающих скоростей миграции, чтобы получить множество объемов сейсмических данных после суммирования, соответствующих множеству замещающих скоростей миграции один к одному;

- выбирающий блок, сконфигурированный чтобы выбирать трехмерное окно куба, на основе сейсмических данных характеристики сейсмической реакции карстовой пещеры;

- первый получающий блок, сконфигурированный для получения разреженных статистических данных сейсмической трассы или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы из каждого объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, соответственно; и

- второй получающий блок, сконфигурированный для получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы путем оптимизации определения, на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы, соответствующих объемам всех сейсмических данных после суммирования.

Предпочтительно, чтобы первый получающий блок был специально сконфигурирован для получения разреженных статистических данных сейсмической трассы, соответствующих объемам сейсмических данных после суммирования, в соответствии с критерием нормы L1 или критерием нормы Коши.

Предпочтительно, чтобы второй получающий блок был специально сконфигурирован для оценивания максимальной величины разреженных статистических данных сейсмической трассы и соответствующего индекса на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

Предпочтительно, чтобы система дополнительно содержала ограничительный блок, который был бы сконфигурирован для выполнения ограничения плавности оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы, полученных в нем, соответственно.

Предпочтительно, чтобы атрибут сейсмической трассы представлял собой статистическую мгновенную амплитуду.

Предпочтительно, чтобы первый получающий блок был специально сконфигурирован для учёта мгновенных амплитуд объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, в соответствии с критерием нормы L1, чтобы получить разреженные статистические данные статистической мгновенной амплитуды, соответствующие объему сейсмических данных после суммирования.

Предпочтительно, чтобы второй получающий блок был специально сконфигурирован для оценивания максимальной величины разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующего индекса, основанных на разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

Предпочтительно, чтобы второй получающий блок был специально сконфигурирован для подгонки разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, через алгоритм экстремаль-

ного регулирования наименьших квадратов, чтобы получить максимальное значение разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующий индекс.

Предпочтительно, чтобы атрибут сейсмической трассы представлял собой статистическую разницу времени.

Предпочтительно, чтобы первый получающий блок был специально сконфигурирован для переписи информации о разнице времени из объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, в соответствии с критерием нормы L1, чтобы получить разреженные статистические данные статистической разницы времени, соответствующие объему сейсмических данных после суммирования.

Предпочтительно, чтобы первый получающий блок был специально сконфигурирован для представления каждой точки отбора проб из объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба окружающими его множественными трассами и множеством точек отбора проб, выполнения кадрового сканирования сейсмических данных, выбора центральной трассы как опорной, кросс-корреляции других трасс в трехмерном окне куба с центральной трассой и, получения информации о разнице времени, когда функция кросс-корреляции имеет максимальное значение.

Предпочтительно, чтобы второй получающий блок был специально сконфигурирован для оценивания минимального значения разреженных статистических данных статистической разницы времени и соответствующего индекса на основе разреженных статистических данных статистической разницы времени, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, путем подгонки через алгоритм экстремального регулирования наименьших квадратов, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

Предпочтительно, чтобы замещающий блок был специально сконфигурирован, чтобы определять минимальную замещающую скорость, максимальную замещающую скорость и интервал смены замещающей скорости, основанной на модели скорости временной миграции до суммирования, и выполнять замещение скорости на существующей скорости миграции вдоль маркерного слоя, чтобы получить множество замещающих скоростей миграции.

По сравнению с предшествующим уровнем техники, один вариант осуществления или множество вариантов осуществления в вышеупомянутых технических решениях, могут иметь следующие преимущества или полезные эффекты.

В соответствии с настоящим раскрытием, непрерывная миграция времени до суммирования может быть выполнена посредством замещения скорости миграции целевого слоя для получения профилей миграции с различными изобразительными эффектами, а оптимизированная скорость миграции и оптимизированная сейсмическая трасса могут быть получены в соответствии с разницей среди разреженных статистических данных, чтобы улучшить точность прогнозирования пласта и степень успеха бурения.

Способ и устройство настоящего раскрытия имеют другие признаки и преимущества, которые станут очевидными из чертежей и конкретных вариантов реализации, включенных в данный документ, или будут подробно проиллюстрированы на чертежах и в специальных вариантах реализации. Чертежи и особые варианты реализации используются для иллюстрации особых принципов настоящего раскрытия.

Варианты реализации настоящего раскрытия подробно проиллюстрированы ниже со ссылкой на чертежи, где вышеупомянутые и другие цели, признаки и преимущества настоящего раскрытия станут более очевидными. В вариантах реализации одна и та же ссылка обычно представляет один и тот же компонент.

Фиг. 1 представляет собой блок-схему способа оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, согласно варианту реализации 1 описания настоящего раскрытия;

Фиг. 2 представляет собой блок-схему способа оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, согласно варианту реализации 3 описания настоящего раскрытия;

Фиг. 3 представляет собой блок-схему способа оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, согласно варианту реализации 4 описания настоящего раскрытия;

Фиг. 4 схематично показывает замещение скорости вдоль слоя, согласно примеру применения 1 или примеру применения 2 описания настоящего раскрытия;

Фиг. с 5а по 5и представляют собой виды, в разрезе вдоль слоя, замещения скорости миграции времени до суммирования, в соответствии с примером применения 1 или примером применения 2 описания настоящего раскрытия;

Фиг. 6 показывает развернутую диаграмму трехмерного окна куба в соответствии с примером применения 1 или примером применения 2 описания настоящего раскрытия;

Фиг. 7 схематически показывает изменение амплитуды энергии точки формирования изображения к скорости миграции, согласно примеру применения 1 описания настоящего раскрытия;

Фиг. 8 показывает схематическое изображение оптимизационного разреза поперечной линии, согласно примеру применения 1 описания настоящего раскрытия;

Фиг. 9а и 9б, соответственно, показывают увеличенное схематическое изображение оптимизационного разреза поперечной линии и увеличенное изображение исходного разреза поперечной линии, в соответствии с примером применения 1 описания настоящего раскрытия;

Фиг. 10 схематически показывает изменение разницы времени точки формирования изображения со скоростью миграции, в соответствии с примером 2 описания настоящего раскрытия;

Фиг. 11 показывает изображение оптимизационного разреза поперечной линии, согласно примеру применения 2 описания настоящего раскрытия; а также

Фиг. 12а и 12б, соответственно, показывают увеличенное схематическое изображение оптимизационного разреза поперечной линии и увеличенную диаграмму исходного сечения поперечной линии, в соответствии с примером применения 2 описания настоящего раскрытия.

Настоящее изобретение будет подробно проиллюстрировано ниже, со ссылкой на чертежи. Хотя предпочтительные варианты осуществления показаны на чертежах, можно понять, что настоящее изобретение может быть реализовано во многих формах, не ограничиваясь раскрытыми здесь вариантами реализации. Варианты реализации, раскрытыые здесь, используются для обеспечения тщательного и полного понимания настоящего изобретения, а также для передачи объема его защиты специалистам в данной области техники.

### **Вариант реализации 1**

Фиг. 1 представляет собой блок-схему способа оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, в соответствии с вариантом осуществления 1 настоящего раскрытия. Как показано на фиг. 1, в соответствии с настоящим вариантом реализации, способ оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции в основном включает в себя стадии с С101 по С105.

В частности, на стадии С101, замещение скорости выполняется на основе модели скорости миграции времени до суммирования, чтобы получить множество замещающих скоростей миграции.

На стадии С102, миграция времени перед суммированием выполняется на основе множества объемов замещающих скоростей миграции, чтобы получить множество объемов сейсмических данных после суммирования, соответствующих множеству объемов замещающих скоростей миграции один к одному.

На стадии С103, происходит выбор трехмерного окна куба, на основе на основе характеристик шариковых форм сейсмической реакции по сейсмическим данным.

На стадии С104, происходит получение разреженных статистических данных сейсмической трассы или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы, из каждого объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, соответственно.

На стадии С105, оптимизированная скорость миграции и оптимизированная сейсмическая трасса получены путем оптимизации определения на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования.

Конкретные стадии способа оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, в соответствии с вариантами реализации настоящего изобретения будут детально проиллюстрированы ниже.

В одном примере, замещение скорости выполняется на основе модели скорости миграции времени до суммирования, чтобы получить множество объемов замещающих скоростей миграции.

В одном примере, стадия получения множества объемов замещающих скоростей миграции включает в себя: определение минимальной скорости замещения, максимальной скорости замещения и интервала смены замещающей скорости на основе модели скорости миграции времени до суммирования, и выполнение замещения скорости на существующей скорости миграции вдоль

маркерного слоя, чтобы получить множество замещающих скоростей миграции. В частности, замещение скорости выполняется на существующей модели скорости миграции времени до суммирования вдоль маркерного слоя. Существующая скорость миграции обозначена  $v$ , а минимальная скорость замещения, максимальная скорость замещения, а такжеенный интервал смены замещающей скорости обозначены, чтобы получить разные объемы замещающей скорости миграции.

В одном примере, миграция времени перед суммированием выполняется на основе множества объемов замещающих скоростей миграции, чтобы получить множество объемов сейсмических данных после суммирования. В частности, непрерывная миграция времени до суммирования может быть выполнена в соответствии с существующей стадией обработки миграции времени перед суммированием на участке конструкции, для получения разных объемов сейсмических данных после суммирования.

В одном примере, трехмерное окно куба выбирается на основе характеристик сейсмической реакции с шариками по сейсмическим данным. Затем, основываясь на полученных в нем объемах сейсмических данных после суммирования, из каждого объема сейсмических данных получают разреженные статистические данные сейсмической трассы или разреженные статистические данные атрибута сейсмической трассы, после суммирования в трехмерном окне куба, соответственно. Здесь атрибут сейсмической трассы представляет собой статистическую мгновенную амплитуду или статистическую разницу времени. Реализации, относящиеся к двум атрибутам сейсмической трассы, будут подробно проиллюстрированы ниже.

В одном примере, оптимизированная скорость миграции и оптимизированная сейсмическая трасса получены путем оптимизации определения на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования.

Согласно одному предпочтительному варианту реализации настоящего изобретения, вышеупомянутый способ оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции дополнительно включает в себя выполнение ограничения плавности на оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассе, полученных в нём, соответственно.

Настоящий вариант реализации будет подробно проиллюстрирован ниже.

В выбранном трехмерном окне куба сходимость изображения «шариков» может быть изменена с помощью разреженных статистических данных. Здесь разреженные статистические данные могут быть нормой L1, нормой Коши и т. д., когда разреженные статистические данные имеют минимальное значение, изображение «шариков» имеет лучшую сходимость. Целевая функция  $\varphi$  определяется как:

$$\varphi(V_i) = \|S(V_i)\|_1 \quad (1),$$

где  $V_i$  является 3D объемом скорости миграции в местном окне, а  $S(V_i)$  является объемом сейсмических данных после суммирования, полученным с использованием  $V_i$ . В целевом слое, разные степени помех выполняются на начальной скорости, а измерение разреженности выполняется после суммирования по объему сейсмических данных  $S_i$ , используя уравнение (1). Когда целевая функция  $\varphi$  имеет минимальное значение, можно получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

Кадровое сканирование выполняется в местном окне, и все данные обрабатываются. Затем выполняется слияние модели скорости и сейсмической трассы после суммирования. Чтобы исключить эффект сращивания во время процедуры слияния, добавляется ограничение на ровность и, таким образом, заданная функция определяется как:

$$\phi(V) = \left\| V - \sum_i V_i \right\|_2 + \|DV\|_1 \quad (2),$$

$$\phi(S) = \left\| S - \sum_i S_i \right\|_2 + \|DS\|_1 \quad (3),$$

где  $V$  и  $S$  являются, соответственно, оптимизированной скоростью миграции и оптимизированной сейсмической трассой после слияния,  $V_i$  и  $S_i$  являются, соответственно, оптимизированной скоростью миграции и оптимизированной сейсмической трассой после оптимизации, а  $D$  - оператор плавности, который можно выбрать как дифференциальный оператор нулевого порядка, первого порядка или второго порядка.

$\left\| V - \sum_i V_i \right\|_2$  в заданной функции является обозначением погрешности нормы L2 в решении

по слиянию и в начальном решении оптимизации.  $\|DV\|_1$  является обозначением регуляризации нормы L1 в решении по слиянию, чтобы улучшить разреженность решения. Когда заданная функция  $\phi$  имеет минимальное значение, можно получить полную оптимизированную скорость миграции и полную оптимизированную сейсмическую трассу после слияния.

Кроме того, в соответствии с одним предпочтительным вариантом реализации настоящего раскрытия, с точки зрения проблемы решения оптимизации смешанных норм L1 и L2, может быть использован итерационный метод решения с помощью алгоритма разреженной градиентной проекции. В соответствии с этим способом можно эффективно обеспечить не только разреженность сигнала, но и усиление способности сигнала к шуму сплайсинга. Следовательно, можно получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

Вышеупомянутый разреженный алгоритм проекции градиента конкретно включает в себя процедуру инициализации, процедуру вычисления шага, процедуру поиска линии, процедуру обновления и процедуру определения условия завершения.

В процедуре инициализации предоставляется начальное значение  $V_i^{(0)}$ , выбирается длина шага  $\alpha^{(0)} \in [\alpha_{min}, \alpha_{max}]$  и  $k = 0$ .  $V_i^{(0)}$  это начальная скорость миграции,  $\alpha^{(0)}$  - это начальная итерационная длина шага,  $\alpha_{min}$  - это заданное минимальное значение длины шага итерации,  $\alpha_{max}$  - это заданное максимальное значение длины шага итерации, а  $k$  - это время итерации.

В процедуре расчета шага, вычисляется

$$\delta^{(k)} = \left( V_i^{(k)} - \alpha^{(k)} \nabla \phi(V_i^{(k)}) \right)^+ - V_i^k$$

где  $\delta^{(k)}$  является шагом, то есть изменяющимся значением переменной во время итерации,

$V_i^{(k)}$  является скоростью миграции k-й итерации,

$\alpha^{(k)}$  является длиной шага итерации k-й итерации, и

$\nabla \phi(V_i^{(k)})$  является градиентом целевой функции. Функция  $(\cdot)^+$  означает, что когда значение вычисления является положительным значением, то значение вычисления само по себе вывод, а когда значение вычисления является отрицательным значением, то вывод 0.

В процедуре поиска линии, выполняется поиск длины шага  $\lambda^{(k)} \in [0, 1]$ , так что  $\phi$

$(V_i^{(k)} + \lambda^{(k)} \delta^{(k)})$  имеет минимальное значение. Обновляется значение расчета

$$V_i^{(k+1)} = V_i^{(k)} + \lambda^{(k)} \delta^{(k)}$$

Здесь  $\lambda^{(k)}$  является длинной шага поиска.

$\delta^{(k)}$  является промежуточной переменной и используется для регулирования величины изменения итерации.

В процедуре обновления вычисляется  $\gamma^{(k)} = \delta^{(k)} \cdot \delta^{(k)}$ . Обновленное значение  $\alpha^{(k+1)}$  можно получить:

$$\alpha^{(k+1)} = \begin{cases} \alpha_{\max}, & \gamma^{(k)} = 0 \\ \text{середина} \left\{ \alpha_{\min}, \frac{\|\delta^{(k)}\|_2^2}{\gamma^{(k)}}, \alpha_{\max} \right\}, & \text{иначе} \end{cases}$$

В процедуре определения условия завершения, определяется, выполняется ли условие завершения  $V_i^{(k+1)} - V_i^{(k)} \leq 0.1$ .  $V_i^{(k+1)}$  является скоростью миграции  $(k + 1)$ -й итерации,  $V_i^{(k)}$  является скоростью миграции  $k$ -й итерации, а середина  $\{\}$  означает получение второго по величине значения из трех значений. Если условие завершения выполнено, вывод  $V_i^{(k+1)}$ ; а если условие завершения не выполняется, возвращается процедура вычисления шага.

Одним словом, согласно настоящему варианту реализации, непрерывная миграция времени до суммирования может быть выполнена посредством замещения скорости миграции целевого слоя для получения профилей миграции с различными эффектами формирования изображения, а также оптимизированная скорость миграции и оптимизированная сейсмическая трасса могут быть получены в соответствии с различием между разреженными статистическими данными, чтобы улучшить точность прогнозирования пласта и степень успеха бурения.

### **Вариант реализации 2**

В соответствии с настоящим вариантом реализации стадия С104 и стадия С105 оптимизированы на основе варианта реализации 1.

На стадии С104 получены разреженные статистические данные сейсмической трассы из каждого объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба.

В частности, разреженные статистические данные сейсмической трассы, соответствующие объемам сейсмических данных после суммирования, получены в соответствии с критерием нормы L1 или критерием нормы Коши.

На стадии С105 оптимизированная скорость миграции и оптимизированная сейсмическая трасса получены путем оптимизации определения на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования.

В частности, максимальное значение разреженных статистических данных сейсмической трассы и соответствующего индекса оценивается на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, с тем, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

### **Вариант реализации 3**

В соответствии с настоящим вариантом реализации, стадия С104 и стадия С105 дополнительно оптимизируются на основе варианта реализации 1, и получают новые стадии С204 и С205. Согласно настоящему варианту реализации, атрибут сейсмической трассы представляет собой статистическую мгновенную амплитуду.

На фиг. 2 представлена блок-схема способа оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, согласно варианту реализации 3 настоящего изобретения. Как показано на фиг. 2, согласно варианту реализации 3, способ оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции главным образом включает в себя стадии с С201 по С205, где стадии с С201 по С203 являются, соответственно, такими же, как стадии с С101 по С103 в варианте реализации 1, и здесь эти детали повторяться не будут.

На стадии С204 получаются разреженные статистические данные статистической мгновенной амплитуды, соответствующие объемам сейсмических данных после суммирования.

В частности, мгновенные амплитуды объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, пересматриваются в соответствии с критерием нормы L1, чтобы получить разреженные статистические данные статистической мгновенной амплитуды, соответствующие объему сейсмических данных после суммирования.

В частности, согласно размеру «шариков» по фактическим данным, может быть выбрано правильное трехмерное окно куба (каждый атрибут точки отбора проб представлен его окружающими множественными трассами и атрибутами множественных точек отбора проб), а кадровое сканирование выполняется по сейсмическим данным. Мгновенные амплитуды в каждом

трехмерном окне куба пересматриваются в соответствии с критерием нормы L1, чтобы получить статистическую мгновенную амплитуду, соответствующую объему сейсмических данных после суммирования (т. е. разреженным статистическим данным статистической мгновенной амплитуды).

Здесь соотношение между объемом сейсмических данных после суммирования  $s(t)$  и соответствующей мгновенной амплитудой  $Amp(t)$  соответствует следующим уравнениям:

$$s(t) = \operatorname{Re}(t) + i \cdot \operatorname{Im}(t) \quad (4)$$

$$Amp(t) = \sqrt{\operatorname{Re}(t)^2 + \operatorname{Im}(t)^2} \quad (5),$$

где:  $s(t)$  является объемом сейсмических данных после суммирования,  $Amp(t)$  является мгновенной амплитудой, соответствующей объему сейсмических данных после суммирования,  $\operatorname{Re}(t)$  является реальной частью объема сейсмических данных после суммирования, и представляет собой воображаемую часть объема сейсмических данных после суммирования.

На стадии C205 оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу получают путем оптимизации определения на основе разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования.

В частности, максимальное значение разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующего индекса оцениваются на основе разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, с тем чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу. Предпочтительно, чтобы разреженные статистические данные статистической мгновенной амплитуды, соответствующие всем объемам сейсмических данных после суммирования, устанавливались по алгоритму экстремального регулирования наименьших квадратов, чтобы получить максимальное значение разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующий индекс (т. е. оптимизированный индекс). Затем получают оптимизированную сейсмическую трассу и оптимизированную скорость миграции.

В соответствии с настоящим вариантом реализации, непрерывная миграция времени до суммирования может быть выполнена посредством замещения скорости миграции целевого слоя для получения профилей миграции с различными эффектами формирования изображения, а оптимизированная скорость миграции и оптимизированная сейсмическая трасса могут быть получены в соответствии с разницей между амплитудами энергий, чтобы улучшить точность прогнозирования пласта и степень успеха бурения.

#### **Вариант реализации 4**

В соответствии с настоящим вариантом реализации, стадия C104 и стадия C105 дополнительно оптимизируются на основе варианта реализации 1, и происходит получение новых стадий C304 и C305. Согласно настоящему варианту реализации, атрибут сейсмической трассы представляет собой статистическую разницу времени.

На фиг. 3 показана блок-схема способа оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, согласно варианту реализации 4 настоящего раскрытия. Как показано на фиг. 3, согласно варианту реализации 4, способ оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции в основном включает стадии с C301 по C305, в которых стадии с C301 по C303 являются, соответственно, такими же, как стадии с C101 по C103 в варианте реализации 1, и здесь эти детали повторяться не будут.

На стадии C304 происходит получение разреженных статистических данных статистической разницы времени, соответствующих объемам сейсмических данных после суммирования.

В частности, информация о разнице времени из объемов сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, переписывается в соответствии с критерием нормы L1, чтобы получить разреженные статистические данные статистической разницы времени, соответствующие объемам сейсмических данных после суммирования.

Здесь стадия переписи информации о разнице времени включает в себя представление каждой точки отбора проб из объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, окружающими множественными трассами и множеством точек отбора проб, выполнение

кадрового сканирования сейсмических данных, осуществление выбора центральной трассы как опорной, осуществление кросс-корреляции с центральной трассой других трасс в трехмерном окне куба и, получение информации о разнице времени, когда функция кросс-корреляции имеет максимальное значение.

В частности, согласно размеру характеристик шариковых форм сейсмической реакции по фактическим сейсмическим данным, правильный выбор трехмерного окна куба (каждый атрибут точки отбора проб представлен окружающими множественными трассами и атрибутами множества точек отбора проб) может быть произведен и, выполняется кадровое сканирование сейсмических данных. Центральная трасса выбирается как опорная, а другие трассы в трехмерном окне куба производят кросс-корреляцию с центральной трассой. Информация о разнице времени каждой трассы записывается, когда функция кросс-корреляции имеет максимальное значение.

Функция кросс-корреляции может быть выражена как:

$$R_{12}(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(t) f_2(t + \tau) dt \quad (6)$$

где:  $R_{12}(\tau)$  является функцией кросс-корреляции;

$f_1(t)$  является центральной трассой, как опорной, в трехмерном окне куба;

$f_2(t)$  представляет другие трассы в трехмерном окне куба;

$\tau$  представляет собой величину задержки и,

$dt$  представляет собой возрастание независимой переменной  $t$  в интеграле.

Затем разницы времени различных объемов сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба переписываются в соответствии с критерием нормы L1, чтобы получить статистическую разницу времени, соответствующую объемам сейсмических данных после суммирования (т. е. разреженные статистические данные статистической разницы времени).

На стадии C305 происходит получение оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы, путем оптимизации определения на основе разреженных статистических данных статистической разницы времени, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования.

В частности, минимальное значение разреженных статистических данных статистической разницы времени и соответствующего индекса (т. е. оптимизированного индекса) вычисляются на основе разреженных статистических данных статистической разницы времени, соответствующей всем объемам сейсмических данных после суммирования, путем регулирования через алгоритм экстремального регулирования наименьших квадратов, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу. Фактически, когда статистическая разница времени имеет минимальное значение, это соответствует ситуации, когда характеристики шариковых форм сейсмической реакции имеют наилучшую сходимость. Минимальное значение статистической разницы времени и соответствующего оптимизированного индекса вычисляются путем регулирования статистической разницы времени через алгоритм экстремального регулирования наименьших квадратов, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

В соответствии с настоящим вариантом реализации, непрерывная миграция времени перед суммированием может быть выполнена посредством замещения скорости миграции целевого слоя для получения профилей миграции с различными эффектами формирования изображения, а оптимизированная скорость миграции и оптимизированная сейсмическая трасса могут быть получены в соответствии со статистической разницей времени в трехмерном окне, куба, чтобы улучшить точность прогнозирования пласта и степень успеха бурения.

Чтобы облегчить понимание технических решений и технических эффектов вариантов реализации настоящего раскрытия, ниже приводятся два примера применения, где пример применения 1 соответствует варианту реализации 3, а пример применения 2 соответствует варианту реализации 4. Следует понимать, что примеры применения используются только для облегчения понимания настоящего раскрытия, а их конкретные детали не предназначены для ограничения каким-либо образом настоящего раскрытия.

Пример 1.

На фиг. 4 схематически показана смена скорости вдоль слоя в соответствии с примером применения 1 или примером применения 2 настоящего раскрытия. Как показано на фиг. 4, согласно скорости фактического слоя в рабочей области Синьцзяна в Китае, предполагается, что началь-

ная скорость миграции равна  $v$ , минимальная замещающая скорость равна  $0,99v$ , максимальная замещающей скорость равна  $1,01v$ , а интервал смены замещающей скорости составляет  $0,0025v$ .

На фиг. с 5а до 5и представлены виды в разрезе, вдоль слоя, смены скорости миграции времени до суммирования, в соответствии с примером применения 1 или примером применения 2 настоящего раскрытия. Непрерывная миграция времени до суммирования выполняется в соответствии с различными замещающими скоростями, для получения разных объемов сейсмических данных после суммирования. Результат миграции начальной скорости миграции  $v$  показан на фиг. 5д, результаты миграции замещающих скоростей, показанные на фиг. с 5а по 5г это, соответственно,  $0,99v$ ,  $0,9925v$ ,  $0,995v$  и  $0,9975v$ , а скорости замещения на фиг. с 5е по 5и это, соответственно  $1.0025v$ ,  $1.005v$ ,  $1.0075v$  и  $1.01v$ . Таким образом, можно получить 9 суммированных объемов миграции, основанных на разных скоростях миграции.

На фиг. 6 показана диаграмма сканирования трехмерного окна куба в соответствии с примером применения 1 или примером применения 2 описания настоящего раскрытия, где ось  $x$  представляет собой поперечную линию ( $X$  - линия), а ось  $y$  является линейной. Правильное трехмерное окно куба выбирается в соответствии с размером характеристик шариковых форм сейсмической реакции по сейсмическим данным. В этой рабочей области выбирается окно размером  $7 \times 7 \times 15$ . То есть, окно представлено 7 линиями, 7 поперечными линиями и 15 точками отбора проб времени. Атрибуты амплитуды различных объемов замещающей скорости миграции в трехмерном окне куба пересматриваются в соответствии с критерием нормы L1.

На фиг. 7 схематично показано изменение амплитуды энергии точки формирования изображения к скорости миграции, в соответствии с примером применения 1 описания настоящего раскрытия. Взяв в качестве примера одну точку формирования изображения, каждое из данных имеет оптимизированное значение амплитуды и соответствующий индекс. Поэтому экстремум амплитуды и соответствующий индекс оцениваются через алгоритм экстремального регулирования наименьших квадратов, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

На фиг. 8 показана схема оптимизационного вида разреза поперечного сечения, в соответствии с примером применения 1 описания настоящего раскрытия. Фиг. 9а и 9б, соответственно, показывают увеличенную схему оптимизационного вида разреза поперечного сечения и увеличенную схему исходного вида разреза поперечного сечения, в соответствии с примером применения 1 описания настоящего раскрытия. По сравнению с исходным видом в разрезе, как показано на фиг. 9б, в оптимизационном виде разреза, показанном на фиг. 9а, изображение с двойными шариками имеет лучшую сходимость, и два шарика могут быть лучше отделены друг от друга; и изображение с одиничным шариком имеет меньший «хвост» и лучшую сходимость. Можно увидеть, что в разрезе, полученном способом автоматического распознавания центра залежей в карстовых пещерах, в соответствии с настоящим раскрытием, изображение «шариков» имеет лучшую сходимость и более высокую точность. Таким образом, и точность прогнозирования пласта, и степень успеха бурения могут совместно быть улучшены.

### Пример 2

На фиг. 4 схематически показана смена скорости вдоль слоя в соответствии с примером применения 1 или примером применения 2 описания настоящего изобретения. Как показано в фиг. 4, согласно скорости фактического слоя в рабочей области Синьцзяна в Китае, предполагается, что начальная скорость миграции равна  $v$ , минимальная скорость замещения равна  $0,99v$ , максимальная скорость замещения равна  $1,01v$ , а интервал смены замещающей скорости составляет  $0,0025v$ .

На фиг. с 5а по 5и представлены виды, в разрезе вдоль слоя, замещения скорости миграции времени перед суммированием, в соответствии с примером применения 1 или примером применения 2 описания настоящего изобретения. Непрерывная миграция времени перед суммированием выполняется в соответствии с различными замещающими скоростями для получения разных объемов сейсмических данных после суммирования. Результат миграции начальной скорости миграции  $v$  показан в фиг. 5е, результаты миграции замещающих скоростей, показанные в фиг. с 5а по 5г это -  $0,99v$ ,  $0,9925v$ ,  $0,995v$  и  $0,9975v$ , соответственно, а замещающие скорости, показанные в фиг. с 5е по 5и это -  $1.0025v$ ,  $1.005v$ ,  $1.0075v$  и  $1.01v$ , соответственно. Таким образом, можно получить 9 суммированных объемов миграции, основанных на разных скоростях миграции.

На фиг. 6 показано сканированное изображение трехмерного окна куба в соответствии с примером применения 1 или примером применения 2 описания настоящего изобретения, где ось  $x$  представляет собой поперечную линию ( $X$  - линию), а ось  $y$  является линейной. Проис-

ходит выбор правильного трехмерного окна куба, в соответствии с размером характеристик шариковых форм сейсмической реакции по сейсмическим данным. В этой рабочей области выбирается окно размером  $7 \times 7 \times 15$ . То есть, окно представлено 7 линиями, 7 поперечными линиями и 15 точками отбора проб времени. Атрибуты амплитуды различных объемов замещающих скоростей миграции в трехмерном окне куба пересматриваются в соответствии с критерием нормы L1.

На фиг. 10 схематично показано изменение разницы времени точки формирования изображения к скорости миграции, согласно примеру применения 2 описания настоящего изобретения. Взяв в качестве примера одну точку формирования изображения, каждое из данных имеет минимальное значение разницы времени и соответствующий индекс. Поэтому экстремум разницы времени и соответствующий индекс вычисляются по алгоритму экстремального регулирования наименьших квадратов, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

На фиг. 11 показана схема оптимизационного разреза поперечной линии, согласно примеру применения 2 описания настоящего изобретения. Фиг. с 12а по 12б, соответственно, показывают увеличенную схему оптимизационного разреза поперечной линии и увеличенную диаграмму исходного разреза поперечного сечения в соответствии с примером применения 2 описания настоящего изобретения. По сравнению с исходным видом в разрезе, как показано в фиг. 12б, в оптимизационном разрезе, как показано на фиг. 12а, изображение «шариков» имеет меньший «хвост» и лучшую сходимость. Можно увидеть, что у вида разреза, полученного способом оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, в соответствии с настоящим изобретением, изображение «шариков» имеет лучшую сходимость и более высокую точность. Таким образом, и точность прогнозирования пласта, и степень успеха бурения могут совместно быть улучшены.

Понятно, что варианты осуществления, раскрытие в данном документе, используются только для иллюстрации их положительных эффектов путем примеров, а не ограничивают настоящее раскрытие.

### **Вариант реализации 5**

Настоящий вариант реализации предоставляет систему оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции. Согласно данному варианту реализации настоящего раскрытия, система оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции содержит замещающий блок, миграционный блок, выбирающий блок, первый получающий блок и второй получающий блок, которые соединены последовательно.

В частности, замещающий блок сконфигурирован для выполнения замещения скорости на основе модели скорости миграции времени перед суммированием, чтобы получить множество замещающих скоростей миграции. Предпочтительно, чтобы замещающий блок был специально сконфигурирован для определения минимальной замещающей скорости, максимальной замещающей скорости и интервала смены замещающей скорости, основанного на модели скорости миграции времени до суммирования, и выполнял замещение скорости на существующей скорости миграции вдоль маркерного слоя чтобы получить множество замещающих скоростей миграции.

Миграционный блок сконфигурирован для выполнения миграции времени перед суммированием, основанной на множестве замещающих скоростей миграции, чтобы получить множество объемов сейсмических данных после суммирования, соответствующих множеству замещающих скоростей миграции один к одному.

Выбирающий блок сконфигурирован для выбора трехмерного окна куба на основе характеристики сейсмической реакции карстовой пещеры.

Первый получающий блок сконфигурирован для получения разреженных статистических данных сейсмической трассы или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы из каждого объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, соответственно.

Второй получающий блок сконфигурирован для получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы посредством оптимизации определения на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования.

В одном примере первый получающий блок специально сконфигурирован для получения разреженных статистических данных сейсмической трассы, соответствующих объемам сейсмиче-

ских данных после суммирования, в соответствии с критерием нормы L1 или критерием нормы Коши.

В одном примере, второй получающий блок специально сконфигурирован для оценивания максимального значения разреженных статистических данных сейсмической трассы и соответствующего индекса, на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

В одном примере система оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, дополнительно содержит ограничительный блок. Ограничительный блок сконфигурирован для выполнения ограничения плавности оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы, полученных в нем, соответственно.

В одном примере атрибутом сейсмической трассы является статистическая мгновенная амплитуда.

Когда атрибутом сейсмической трассы является статистическая мгновенная амплитуда, первый получающий блок специально сконфигурирован для переписи мгновенных амплитуд объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, в соответствии с критерием нормы L1, чтобы получить разреженные статистические данные статистической мгновенной амплитуды, соответствующих объему сейсмических данных после суммирования. Второй получающий блок специально сконфигурирован для оценивания максимального значения разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующего индекса на основе разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем объемам сейсмических данных после суммирования, для получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы.

Второй получающий блок специально сконфигурирован так, чтобы соответствовать разреженным статистическим данным статистической мгновенной амплитуды, соответствующей всем объемам сейсмических данных после суммирования, через алгоритм экстремального регулирования наименьших квадратов, чтобы получить максимальное значение разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующий индекс.

В одном примере, атрибут сейсмической трассы представляет собой статистическую разницу времени.

Когда атрибут сейсмической трассы представляет собой статистическую разницу времени, первый получающий блок специально сконфигурирован для переписи информации о разнице времени из объема сейсмических данных после суммирования в окне трехмерного куба, в соответствии с критерием нормы L1, чтобы получить разреженные статистические данные статистической разницы времени, соответствующие объему сейсмических данных после суммирования. Кроме того, первый получающий блок специально сконфигурирован для представления каждой точки сбора проб объема сейсмических данных после суммирования в трехмерном окне куба, окружающими его множественными трассами и множеством точек сбора проб; осуществления кадрового сканирования сейсмических данных; выбора центральной трассы как опорной; осуществления кросс-корреляции других трасс в трехмерном окне куба и центральной трассы, и получения информации о разнице времени, когда функция кросс-корреляции имеет максимальное значение.

Предпочтительно, чтобы второй получающий блок был специально сконфигурирован для оценивания минимального значения разреженных статистических данных статистической разницы времени и соответствующего индекса, на основе разреженных статистических данных статистической разницы времени, соответствующей всем объемам сейсмических данных после суммирования, путем регулирования через алгоритм экстремального регулирования наименьших квадратов, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

В соответствии с настоящим вариантом реализации, непрерывная миграция времени перед суммированием может быть выполнена посредством замещения скорости миграции целевого слоя для получения профилей миграции с различными эффектами формирования изображения, а оптимизированная скорость миграции и оптимизированная сейсмическая трасса могут быть получены в соответствии с разницей среди разреженных статистических данных, чтобы улучшить точность прогнозирования пласта и степень успеха бурения.

Понятно, что варианты реализации, раскрытие которых в данном документе, используются только для иллюстрации их положительных эффектов путем примеров, а не ограничивают настоящее раскрытие.

Что касается конкретных действий каждого из вышеупомянутых блоков, можно сделать ссылку на иллюстрацию способа настоящего раскрытия, объединив фиг. с 1 до 12б, описанные выше, и их детали здесь не будут повторяться.

Специалистам в данной области техники очевидно понятно, что каждый из блоков и стадий настоящего раскрытия может быть реализован с помощью общего вычислительного устройства. Они могут быть централизованы в одном вычислительном устройстве или могут быть распределены в сети, состоящей из множества вычислительных устройств. Они дополнительно могут быть реализованы с помощью программных кодов, выполняемых в вычислительных устройствах, и, таким образом, могут быть сохранены в устройствах хранения, управляемых вычислительными устройствами. В качестве альтернативы они могут быть, соответственно, произведены в блоках интегральной схемы, или множестве блоков, или их стадии могут быть произведены в одном единственном блоке интегральной схемы. Таким образом, настоящее раскрытие не ограничивается какой-либо конкретной комбинацией аппаратного и программного обеспечения.

Варианты реализации настоящего раскрытия подробно проиллюстрированы выше. Однако эти варианты осуществления являются лишь примерами приведенными, а не исчерпывающими примерами. Более того, настоящее раскрытие не ограничено вариантами осуществления, раскрытыми в настоящем документе. Специалисты в данной области техники могут вносить поправки и замены в варианты реализации без отхода от сущности и объема настоящего раскрытия. Используемые здесь технические термины направлены на иллюстрацию принципов, фактических применений либо технического усовершенствования вариантов реализации или облегчение понимания раскрытий здесь вариантов реализации для специалистов в данной области.

## **Формула изобретения**

1. Способ оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции на основе расчетных методов, отличающийся тем, что он включает следующие стадии:

- выполнение замены скорости на основе модели скорости временной миграции перед стеком, чтобы получить множество замещающих скоростей миграции;
- выполнение миграции времени перед стеком, основанной на множестве замещающих скоростей миграции, для получения множества объемов сейсмических данных после стека, соответствующих множеству замещающих скоростей миграции один к одному;
- выбор трехмерного окна куба на основе характеристики сейсмического отклика карстового пещерного резервуара сейсмических данных;
- получение разреженных статистических данных сейсмического следа или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы каждого из сейсмических данных после стека, соответственно, в трехмерном окне куба;
- получение оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы путем оптимизации определения на основе разреженных статистических данных сейсмического следа или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы, соответствующего всем объемам сейсмических данных после стека.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что разреженные статистические данные сейсмического следа, соответствующие объемам сейсмических данных после стека, получают в соответствии с нормативом L1 или критерием нормы Коши.

3. Способ по п. 2, отличающийся тем, что он включает оценку максимального значения разреженных статистических данных сейсмического следа и соответствующего индекса на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы, соответствующих всем объемам сейсмических данных после стека таким образом, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что он содержит выполнение ограничения гладкости на оптимизированной скорости

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что атрибут сейсмической трассировки представляет собой статистическую мгновенную амплитуду.

6. Способ по п. 5, отличающийся тем, что этап получения разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующей объему сейсмических данных после стека, содержит учёт мгновенных амплитуд объема сейсмических данных после стека в окне трехмерного куба в соответствии с критерием L1-нормы, для получения разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующие объему сейсмических данных после стека.

7. Способ по п. 6, отличающийся тем, что этап получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы посредством определения оптимизации на основе разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем объемам сейсмических данных после стека, включает в себя оценку максимального значения разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующего индекса на основе разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем объемам сейсмических данных после стека для получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированного сейсмического следа.

8. Способ по п. 7, отличающийся тем, что он дополнительно включает в себя установку разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем объемам сейсмических данных после стека через алгоритм экстремального соответствия наименьших квадратов для получения максимального значения разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующий индекс.

9. Способ по п. 5, отличающийся тем, что атрибут сейсмической трассы представляет собой статистическую разницу во времени.

10. Способ по п. 9, отличающийся тем, что этап получения разреженных статистических данных статистической разности во времени, соответствующей объему сейсмических данных после стека, содержит информацию о разности временного перерасчета данных объема сейсмических данных после стека в окне трехмерного куба в соответствии с критерием L1, чтобы получить разреженные статистические данные статистической разности во времени, соответствующие объему сейсмических данных после стека.

11. Способ по п. 10, отличающийся тем, что этап записи информации разности во времени включает в себя представление каждой точки выборки объема сейсмических данных после стека в окне трехмерного куба посредством окружающих ее многочисленных трасс и множества точек выборки, выполняя сканирование слайдов на сейсмических данных, выбирая центральный след в качестве эталона, кросс-корреляция других следов в трехмерном окне куба с центральной трассой и получение информации о разности вовремя, когда функция взаимной корреляции имеет максимальное значение.

12. Способ по п. 11, отличающийся тем, что этап получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы посредством определения оптимизации на основе разреженных статистических данных статистической разности во времени, соответствующей всем объемам сейсмических данных после стека, содержит оценивание минимального значения разреженных статистических данных статистической разности во времени и соответствующий индекс на основе разреженных статистических данных статистической разности во времени, соответствующей всем объемам сейсмических данных после стека, путем подгонки по алгоритму экстремального соответствия наименьших квадратов с тем, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

13. Способ по любому из пп. 1-12, отличающийся тем, что этап получения множества замещающих скоростей скорости миграции содержит определение минимальной скорости замещения, максимальную скорость замещения и интервал изменения смены скорости, основанный на модели скорости временной миграции до стека, и выполняют замену скорости на существующей скорости миграции вдоль маркерного слоя, чтобы получить множество замещающих миграций скорости.

14. Система оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции, отличающаяся тем, что содержит:

- модуль замены, выполненный с возможностью выполнять замену скорости, основанный на модели скорости временной миграции перед стеком, чтобы получить множество замещающих скоростей скорости миграции;

- модуль миграции, сконфигурированный для выполнения миграции времени перед стеком на основе множества замещающих скоростей скорости миграции, для получения множества томов сейсмических данных после стека, соответствующих множеству замещающих скоростей миграции, один к одному;

- модуль выбора, выполненный с возможностью выбора трехмерного окна куба на основе характеристики сейсмического отклика для карстового пещерного резервуара;

- первый модуль получения, сконфигурированный для получения разреженных статистических данных сейсмического следа или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы каждого из сейсмических данных после стека в трехмерном кубическом окне, соответственно;

- второй модуль получения, сконфигурированный для получения оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической трассы посредством определения оптимизации на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы или разреженных статистических данных атрибута сейсмической трассы, соответствующего всем сейсмическим данным после стека объема.

15. Система по п. 14, отличающаяся тем, что первый модуль получения специально сконфигурирован для получения разреженных статистических данных сейсмического следа, соответствующих объемам сейсмических данных после стека в соответствии с критерием L1 или критерием нормы Коши.

16. Система по п. 15, отличающаяся тем, что второй модуль получения специально сконфигурирован для оценки максимального значения разреженных статистических данных сейсмической трассы и соответствующего индекса на основе разреженных статистических данных сейсмической трассы, соответствующих всем после статистических сейсмических данных, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

17. Система по п. 14, отличающаяся тем, что дополнительно содержит модуль ограничения, который сконфигурирован для обеспечения ограничения гладкости на оптимизированной скорости миграции и оптимизированной сейсмической кривой, полученной в ней, соответственно.

18. Система по п. 14, отличающаяся тем, что атрибут сейсмической трассировки является статистической мгновенной амплитудой.

19. Система по п. 18, отличающаяся тем, что первый модуль получения специально сконфигурирован для мгновенной амплитуды переписи объема сейсмических данных после стека в окне трехмерного куба в соответствии с критерием L1-нормы, чтобы получить разреженные статистические данные статистической мгновенной амплитуды, соответствующей объему сейсмических данных после стека.

20. Система по п. 19, отличающаяся тем, что второй модуль получения специально сконфигурирован для оценки максимального значения разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующего индекса на основе разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды, соответствующих всем данным сейсмических данных после стека, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

21. Система по п. 20, отличающаяся тем, что второй модуль получения специально сконфигурирован так, чтобы соответствовать разреженным статистическим данным статистической мгновенной амплитуды, соответствующей всем объемам сейсмических данных после стека через алгоритм экстремального соответствия наименьших квадратов, чтобы получить максимальное значение разреженных статистических данных статистической мгновенной амплитуды и соответствующего индекса.

22. Система по п. 14, отличающаяся тем, что атрибут сейсмической трассировки представляет собой статистическую разницу во времени.

23. Система по п. 22, отличающаяся тем, что первый модуль получения специально сконфигурирован для информации разности времени переписи для объема сейсмических данных после стека в окне трехмерного куба в соответствии с критерием L1-нормы, чтобы получить разреженные статистические данные статистической разницы во времени, соответствующей объему сейсмических данных после стека.

24. Система по п. 23, отличающаяся тем, что первый модуль получения специально сконфигурирован для представления каждой точки выборки объема сейсмических данных после стека в трехмерном окне куба его окружающими множественными трассами и множеством точек

выборки, выполняет сканирование слайдов на сейсмические данные, выбирает центральную трассировку в качестве эталона, кросс-корреляцию других следов в трехмерном окне куба с центральной трассой, и получает разницу информации о времени, когда функция взаимной корреляции имеет максимальное значение.

25. Система по п. 24, отличающаяся тем, что второй модуль получения специально сконфигурирован для оценки минимального значения разреженных статистических данных статистической разности времени и соответствующего индекса на основе разреженных статистических данных статистической разности времени, соответствующей всем объемам сейсмических данных после стека, путем подгонки по алгоритму экстремальной посадки наименьших квадратов, чтобы получить оптимизированную скорость миграции и оптимизированную сейсмическую трассу.

26. Система по любому из пп. 14-25, отличающаяся тем, что модуль замены специально сконфигурирован так, чтобы определять минимальную скорость замещения, максимальную скорость замещения и интервал замены сменной скорости, основанный на модели скорости временной миграции до стека, и выполняют замену скорости на существующую скорость миграции вдоль маркерного слоя, чтобы получить множество замещающих скоростей миграции.

**Способ и система оптимизации распознавания  
характеристик шариковых форм сейсмической реакции**



Фиг. 1. Блок-схема способа автоматического распознавания центра залежей в карстовых пещерах, согласно варианту реализации 1 описания настоящего раскрытия

**Способ и система оптимизации распознавания  
характеристик шариковых форм сейсмической реакции**



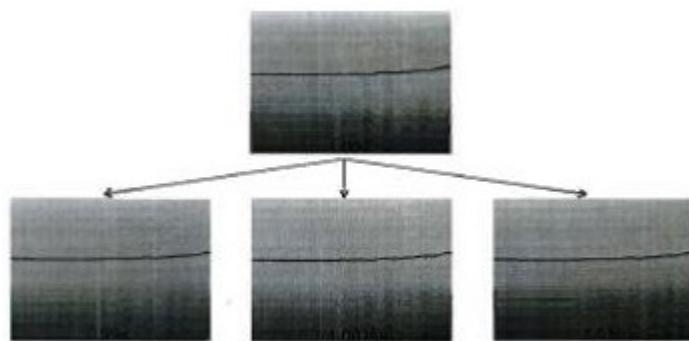
Фиг. 2. Блок-схема способа автоматического распознавания центра залежей в карстовых пещерах, согласно варианту реализации 3 описания настоящего раскрытия

Способ и система оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции

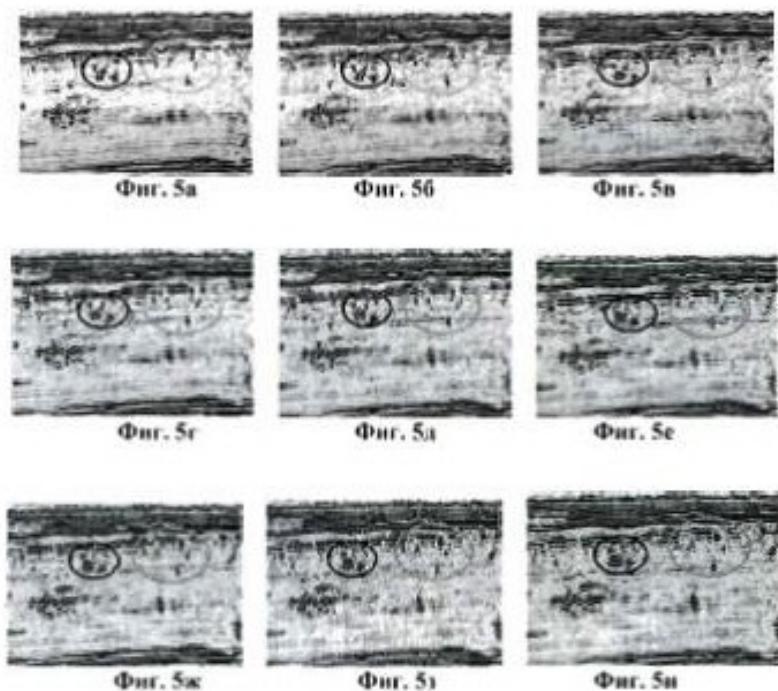


Фиг. 3. Блок-схема способа автоматического распознавания центра залежей в карстовых пещерах, согласно варианту реализации 4 описания настоящего раскрытия

Способ и система оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции

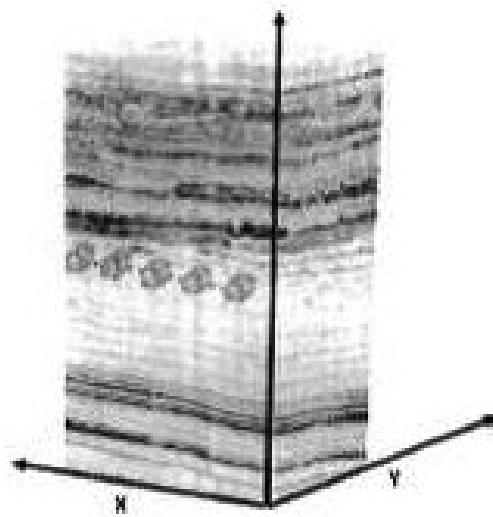


Фиг. 4. Схема замещения скорости вдоль слоя, согласно примеру применения 1 или примеру применения 2 описания настоящего раскрытия

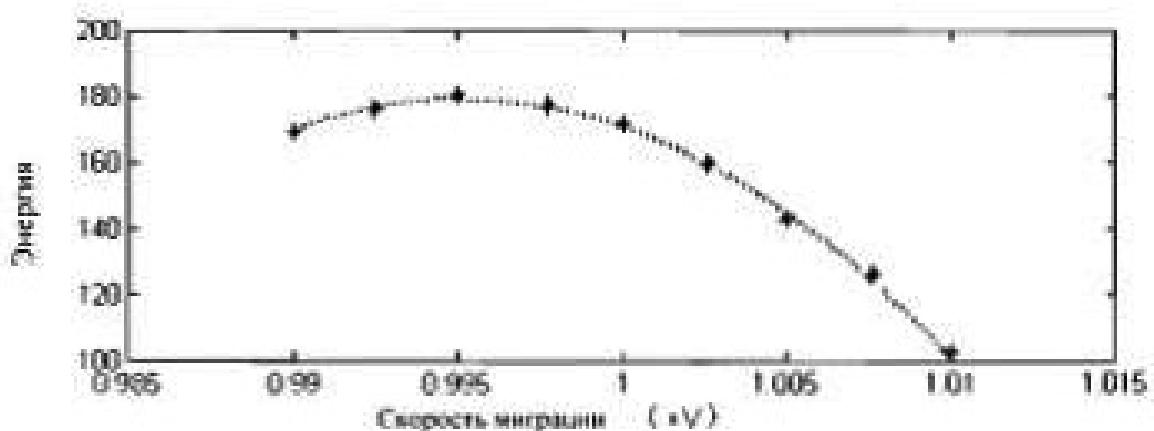


Фиг. 5. Виды в разрезе вдоль слоя замещения скорости миграции времени до суммирования в соответствии с примером применения 1 или примером применения 2 описания настоящего раскрытия

Способ и система оптимизации распознавания  
характеристик шариковых форм сейсмической реакции

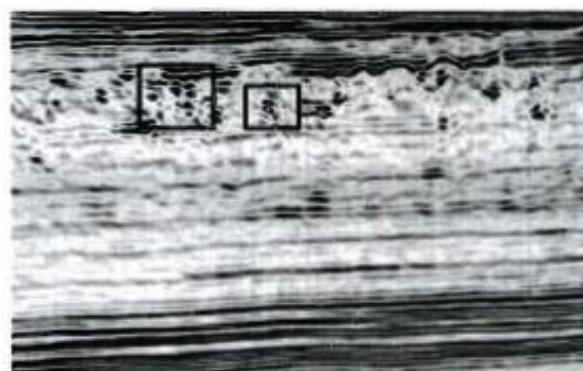


Фиг. 6. Развернутая диаграмма трехмерного окна куба в соответствии с примером применения 1 или примером применения 2 описания настоящего раскрытия

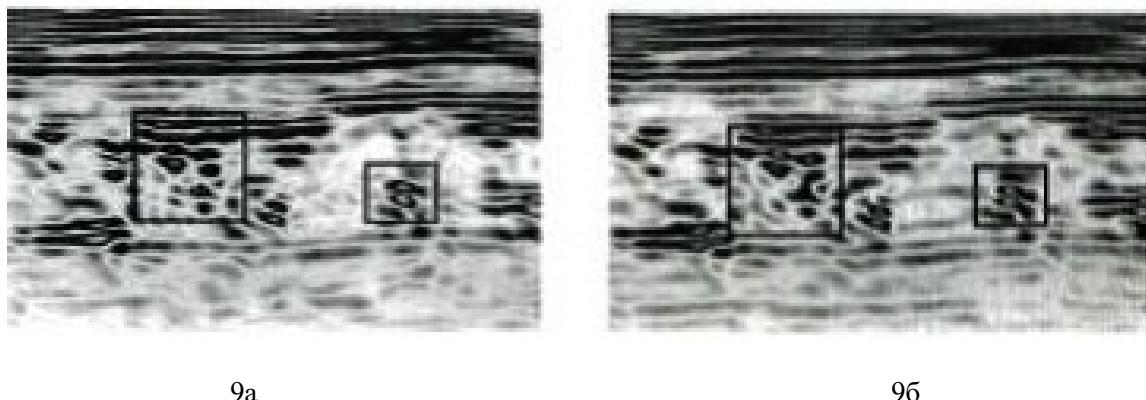


Фиг. 7. Схема изменения амплитуды энергии точки формирования изображения к скорости

Способ и система оптимизации распознавания  
характеристик шариковых форм сейсмической реакции



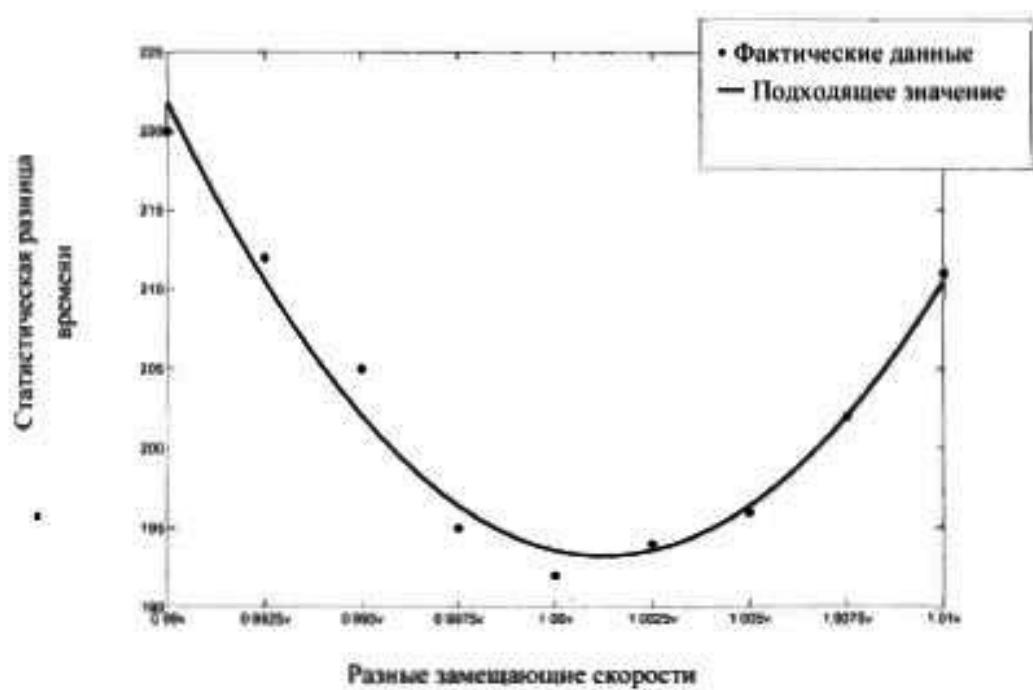
Фиг. 8. Схема изображения оптимизационного разреза поперечной линии, согласно примеру применения 1 описания настоящего раскрытия



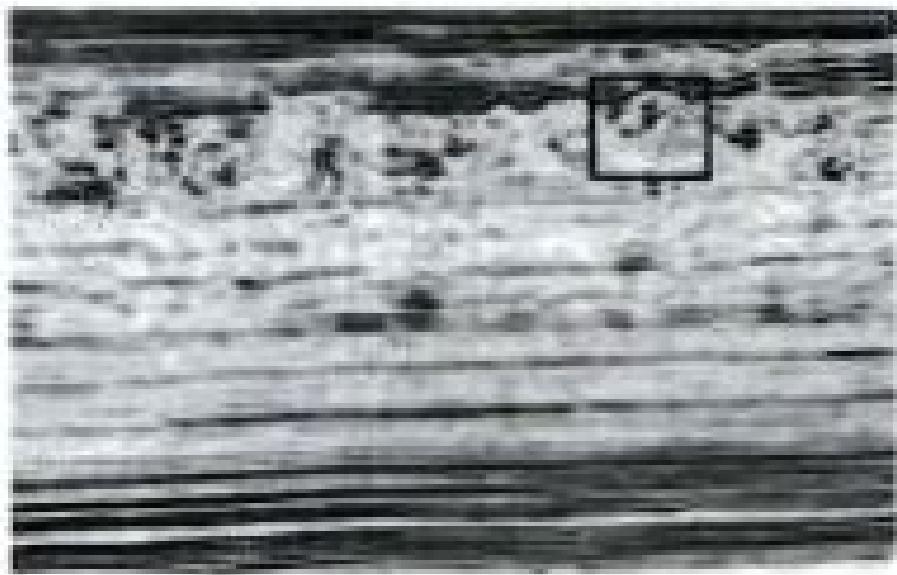
Фиг. 9а. Схематическое изображение оптимизационного разреза поперечной линии в соответствии с примером применения 1 описания настоящего раскрытия

Фиг. 9б. Схематическое изображение исходного разреза поперечной линии в соответствии с примером применения 1 описания настоящего раскрытия

Способ и система оптимизации распознавания  
характеристик шариковых форм сейсмической реакции

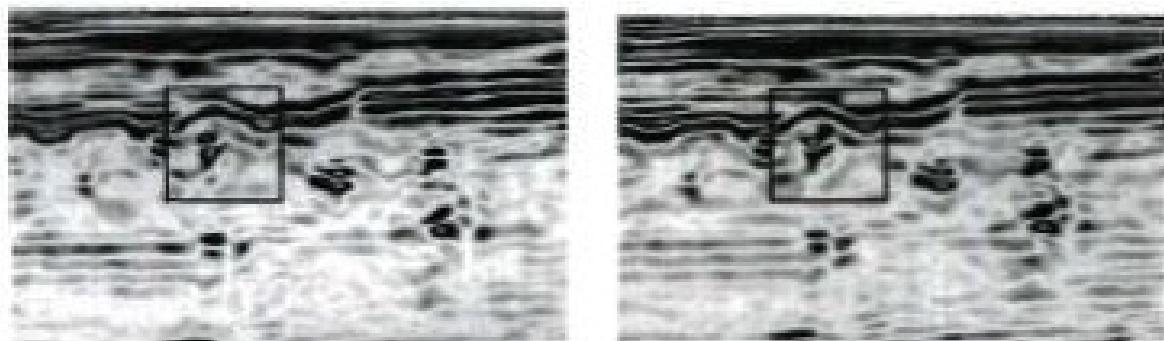


Фиг. 10. Схема изменения разницы времени точки формирования изображения со скоростью миграции в соответствии с примером 2 описания настоящего раскрытия

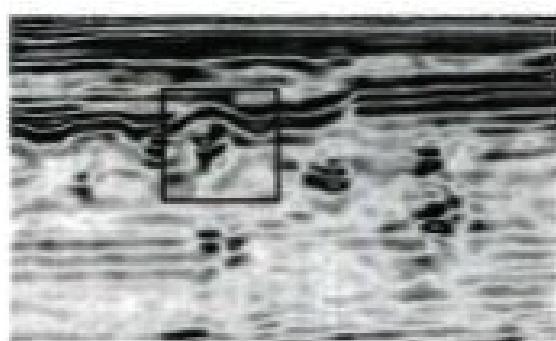


Фиг. 11. Изображение оптимизационного разреза поперечной линии согласно примеру применения 2 описания настоящего раскрытия

Способ и система оптимизации распознавания характеристик шариковых форм сейсмической реакции



12а



12б

Фиг. 12а. Схематическое изображение оптимизационного разреза поперечной линии в соответствии с примером применения 2 описания настоящего раскрытия

Фиг. 12б. Схематическое изображение исходного сечения поперечной линии в соответствии с примером применения 2 описания настоящего раскрытия

Выпущено отделом подготовки материалов

---

Государственная служба интеллектуальной собственности и инноваций при Правительстве Кыргызской Республики,  
720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41; факс: (312) 68 17 03