РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2012 152 447** (13) **A**

(51) МПК
G01V 1/40 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

(21)(22) Заявка: **2012152447/28, 17.03.2011**

Приоритет(ы):
(30) Конвенционный приоритет:
06.05.2010 US 12/775,226

(43) Дата публикации заявки: **20.06.2014** Бюл. № 17

(85) Дата начала рассмотрения заявки PCT на национальной фазе: **06.12.2012**

(86) Заявка PCT:
US 2011/028851 (17.03.2011)

(87) Публикация заявки PCT:
WO 2011/139416 (10.11.2011)

Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3, ООО "Юридическая фирма Городисский и Партнеры"

(71) Заявитель(и):
ЭКСОНМОБИЛ АПСТРИМ РИСЕРЧ КОМПАНИ (US)

(72) Автор(ы):
КУМАРАН Кришнан (US),
ВАН Цзинбо (US),
ХУССЕНЕДЕР Стефан (US),
ГИЛЛАРД Доминик Г. (US),
МЕДЕМА Гай Ф. (US),
ШРЕДЕР Фред В. (US),
БРОВИ Роберт Л. (US),
ДИМИТРОВ Павел (US),
КЕЙСИ Мэттью С. (US)

(54) ВЫПОЛНЯЕМЫЙ В ОКНЕ СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ В НАБОРАХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

(57) Формула изобретения

1. Способ для идентификации геологических особенностей в одном или нескольких дискретизированных наборах геофизических данных или атрибутов данных, представляющих подземную область, причем каждый такой набор данных называется "исходным массивом данных", содержащий следующие этапы, по меньшей мере один из которых выполняется с использованием компьютера:

(a) выбирают форму и размер окна данных;

(b) перемещают окно в множество положений и формируют для каждого положения окна вектор окна данных, чьи компоненты состоят из значений воксела из этого окна, для каждого исходного массива данных;

(c) выполняют статистический анализ векторов окна данных, причем статистический анализ выполняется одновременно в случае множества исходных массивов данных;

(d) используют статистический анализ для идентификации выбросов или аномалий в данных; и

(e) используют выбросы или аномалии для прогнозирования геологических особенностей подземной области.

2. Способ по п.1, в котором статистический анализ выполняется с использованием одной из группы методик статистического анализа, состоящей из:

(i) вычисления матрицы средних значений и ковариационной матрицы всех векторов

RU 2012152447 A

RU 2012152447 A

окна данных;

(ii) анализа независимых компонент;

(iii) использования способа группировок для объединения данных;

(iv) диффузионного картирования; и

(v) другого способа статистического анализа.

3. Способ по п.2, в котором статистический анализ выполняется с использованием (i), дополнительно содержащего использование анализа главных компонент.

4. Способ по п.2, в котором статистический анализ выполняется с использованием (i), а вычисление ковариационной матрицы выполняется путем вычисления последовательности операций взаимной корреляции на постепенно уменьшающихся областях в каждом окне.

5. Способ по п.2, в котором методикой статистического анализа является (iv), содержащая использование нелинейного преобразования для представления векторов окна данных с установленным базисом, где нелинейное преобразование привлекает параметр, который задает понятие масштаба.

6. Способ по п.5, в котором существует N положений окна данных, а отсюда и N векторов окна данных, каждый с M компонентами, то есть M вокселями данных в каждом положении окна данных; и в котором методика диффузионного картирования содержит этапы, на которых:

собирают N векторов $\{x_n\}^N{}_{n=1}$ окна данных в массив $A_{m,n}$ данных, где $m=1,\ldots,M$ и $n=1,\ldots,N$;

вычисляют матрицу L подобия размера M×M, где $L_{i,j}$ является мерой разности между a_i и a_j, где a_i и a_j являются вектор-строками с длиной N из массива $A_{m,n}$ данных, и $M \ni i,j$; и где $L_{i,j}$ включает в себя выбранный пользователем параметр масштаба;

образуют диагональную матрицу D из матрицы подобия, где $D_i = \sum_{j=1}^{N} L_{i,j}$; вычисляют матрицу диффузии путем нормализации матрицы подобия: $M=D^{-1}L$;

вычисляют симметричную матрицу $M_{sym}=D^{1/2}MD^{-1/2}$ диффузии; и

используют симметричную матрицу диффузии для анализа образов или обнаружения аномалий в исходном массиве данных, и ассоциируют одну или несколько геологических особенностей с одной или несколькими картинами или аномалиями.

7. Способ по п.6, в котором

$$L_{i,j} = \exp\left(-\|a_i - a_j\|^2 / \varepsilon\right),$$

где ε является выбранным пользователем параметром масштаба, а ||...|| обозначает выбранную норму.

8. Способ по п.7, дополнительно содержащий этап, на котором выполняют статистический анализ по меньшей мере для одного дополнительного выбора ε.

9. Способ по п.5, в котором M<<N.

10. Способ по п.6, в котором этап, на котором используют статистический анализ для идентификации выбросов или аномалий в данных, содержит этап, на котором вычисляют собственные векторы и собственные значения симметричной матрицы диффузии и используют их при анализе образов.

11. Способ по п.6, в котором этап, на котором используют статистический анализ для идентификации выбросов или аномалий в данных, содержит этапы, на которых:

используют выбранную форму и размер окна данных, собирая все возможные выборки из исходного массива данных;

проецируют все выборки данных на обратную симметричную матрицу диффузии, посредством этого создавая зависимый от масштаба массив атрибутов аномалий; и

RU 2012152447 A

RU 2012152447 A

идентифицируют выбросы или аномалии в зависимом от масштаба массива атрибутов аномалий.

12. Способ по п.3, в котором вычисляются собственные значения и собственные векторы ковариационной матрицы, причем упомянутые собственные векторы являются набором главных компонент соответствующего исходного массива данных;

и в котором этапы (d) и (e) содержат этапы, на которых проецируют исходный массив данных на выбранное подмножество собственных векторов, чтобы сформировать частично спроецированный массив данных, причем упомянутое подмножество собственных векторов выбирается на основе их соответствующих собственных значений, и определяют остаточный массив данных, являющийся частью исходного массива данных, не захваченной в спроецированный массив данных; затем идентифицируют аномальные особенности в остаточном массиве данных и используют их для прогнозирования физических особенностей подземной области.

13. Способ по п.1, в котором окно данных является N-мерным, где N является целым числом, так что $1 \leq N \leq M$, где M является размерностью набора данных.

14. Способ по п.3, в котором матрица средних значений и ковариационная матрица для выбранного размера и формы окна вычисляются с использованием дополнительных окон, где дополнительное окно, соответствующее каждому положению в окне, выбранном на этапе (a), представляет набор значений данных, которые появляются в том положении, когда окно перемещается по исходному массиву данных.

15. Способ по п.12, в котором выбранное подмножество выбирается на основе внутреннего подобия картин, которое измерено текстурой, неупорядоченностью или другими данными либо геометрическими атрибутами.

16. Способ по п.12, в котором выбранное подмножество собственных векторов определяется путем суммирования собственных значений, упорядоченных от наибольшего к наименьшему, пока сумма наибольших N собственных значений, деленная на сумму всех собственных значений, не превысит предварительно выбранное значение R, где $0<R<1$, а затем выбора N собственных векторов, ассоциированных с N наибольшими собственными значениями.

17. Способ по п.1, дополнительно содержащий этап, на котором используют прогнозированные геологические особенности подземной области для вывода заключения о нефтегазовом потенциале или его отсутствии.

18. Способ по п.1, в котором множество положений определяется с помощью выборочной стратегии, выбранной из группы, состоящей из потенциально случайной, исчерпывающей и черепичной стратегий.

19. Способ по п.1, в котором:

окно данных может перемещаться в перекрывающиеся положения;

каждый воксел данных в исходном массиве данных включается по меньшей мере в одно окно; и

распределение для значений данных вычисляется из статистического анализа и используется для идентификации выбросов или аномалий в данных.

20. Способ по п.19, в котором идентификация выбросов или аномалий в данных содержит этапы, на которых (i) вычисляют вероятность возникновения или эквивалентную метрику каждого окна данных в распределении значений данных; и (ii) идентифицируют области данных с низкой вероятностью в качестве возможных выбросов или аномалий.

21. Способ для идентификации геологических особенностей из двумерного или трехмерного дискретизированного набора геофизических данных или атрибутов данных ("исходный массив данных"), представляющих подземную область, содержащий следующие этапы, по меньшей мере один из которых выполняется с использованием

RU 2012152447 A

RU 2012152447 A

компьютера:

(a) выбирают форму и размер окна данных;

(b) перемещают окно в множество перекрывающихся или неперекрывающихся положений в исходном массиве данных, так что каждый воксел данных включается по меньшей мере в одно окно, и формируют для каждого окна вектор *I* окна данных, чьи компоненты состоят из значений воксела из того окна;

(c) вычисляют ковариационную матрицу всех векторов окна данных;

(d) вычисляют собственные векторы ковариационной матрицы;

(e) проецируют исходный массив данных на выбранное подмножество собственных векторов, чтобы сформировать частично спроецированный массив данных; и

(f) идентифицируют выбросы или аномалии в частично спроецированном массиве данных и используют их для прогнозирования геологических особенностей подземной области.

22. Способ по п.21, в котором выбранное подмножество собственных векторов для формирования частично спроецированного массива данных определяется путем исключения собственных векторов на основе их ассоциированных собственных значений.

23. Способ по п.21, в котором выбранное подмножество собственных векторов либо выбирается пользователем в диалоговом режиме, либо основывается на автоматически идентифицированном шуме или геометрических характеристиках.

24. Способ по п.21, в котором выбранное подмножество собственных векторов определяется путем разработки критерия для определения очевидных аномалий в исходном массиве данных, выбора одной или нескольких очевидных аномалий с использованием этого критерия и идентификации одного или нескольких собственных векторов, чья ассоциированная информационная компонента (проекция исходного массива данных на собственный вектор) вносит вклад в выбранные очевидные аномалии или учитывает больше заданной величины фонового сигнала, а затем выбора некоторых или всех оставшихся собственных векторов; в котором этап (f) дает возможность обнаружения аномалий, которые более неуловимы, чем упомянутые очевидные аномалии, используемые для определения выбранного подмножества собственных векторов.

25. Способ по п.24, дополнительно содержащий после этапа (e) повторение этапов (a)-(e) с использованием частично спроецированного массива данных вместо исходного массива данных, формируя обновленный частично спроецированный массив данных, который затем используется на этапе (f).

26. Способ по п.21, в котором вычисление ковариационной матрицы выполняется путем вычисления последовательности операций взаимной корреляции на постепенно уменьшающихся областях массива данных.

27. Способ для идентификации геологических особенностей в двумерном или трехмерном дискретизированном наборе геофизических данных или атрибутов данных ("исходный массив данных"), представляющих подземную область, содержащий следующие этапы, по меньшей мере один из которых выполняется с использованием компьютера:

(a) выбирают форму и размер окна данных;

(b) перемещают окно в множество перекрывающихся или неперекрывающихся положений в исходном массиве данных, так что каждый воксел данных включается по меньшей мере в одно окно, и формируют для каждого окна вектор *I* окна данных, чьи компоненты состоят из значений воксела из того окна;

(c) вычисляют ковариационную матрицу всех векторов окна данных;

(d) вычисляют собственные значения и собственные векторы ковариационной матрицы;

RU 2012152447 A

RU 2012152447 A

(e) выбирают способ для вычисления степени аномалии воксела и используют его для определения частичного массива данных, состоящего из вокселей, вычисленных как более аномальные, чем заранее определенная пороговая величина; и

(f) идентифицируют одну или несколько аномальных особенностей в частичном массиве данных и используют их для прогнозирования геологических особенностей подземной области.

28. Способ по п.27, в котором степень аномалии R' воксела, обозначенного с помощью x,y,z-индексов i,j,k, вычисляется из

$$R'_{i,j,k} = (I_{i,j,k} - \bar{I})^T \hat{W}^{-1} (I_{i,j,k} - \bar{I})$$

где $I_{i,j,k}$ является компонентой вектора окна данных из (b), которая включает в себя воксел i,j,k;

$$\bar{\bar{I}} = \frac{1}{N} \sum_{i,j,k} \vec{I}_{i,j,k}, \quad W = \frac{1}{N} \sum_{i,j,k} (\vec{I}_{i,j,k} - \bar{\bar{I}})(\vec{I}_{i,j,k} - \bar{\bar{I}})^T ;$$

где дискретизированный исходный массив данных состоит из $N_x \times N_y \times N_z$ вокселей, выбранной формой и размером окна является $n_x \times n_y \times n_z$ вокселей, и $N = (N_x - n_x) \times (N_y - n_y) \times (N_z - n_z)$.

29. Способ по п.27, в котором степень аномалии определяется путем проецирования исходного массива данных на выбранное подмножество собственных векторов, чтобы сформировать частично спроецированный массив данных, причем упомянутое подмножество собственных векторов выбирается на основе их соответствующих собственных значений, и определения остаточного массива данных, являющегося частью исходного массива данных, не захваченной в спроецированный массив данных, причем упомянутый остаточный массив данных является частичным массивом данных, используемым для прогнозирования физических особенностей подземной области на этапе (f).

30. Способ по п.27, в котором степень аномалии определяется путем проецирования исходного массива данных на выбранное подмножество собственных векторов, чтобы сформировать частичный массив данных для использования на этапе (f).

31. Способ для добычи углеводородов из подземной области, содержащий этапы, на которых:

(a) получают данные из геофизического исследования подземной области;

(b) получают прогнозирование нефтегазового потенциала подземной области по меньшей мере частично на основе физических особенностей области, идентифицированных с использованием способа, описанного в п.1, который включается сюда путем ссылки, по данным геофизического исследования;

(c) в ответ на положительное прогнозирование нефтегазового потенциала пробуривают скважину в подземную область и добывают углеводороды.

RU 2012152447 A

RU 2012152447 A