

Для цитирования: Гливенко Е. В., Чельдиев М. И., Алексеева Е. А. Алгоритмы распознавания для корреляции скважин при разведке полезных ископаемых // Вопросы радиоэлектроники. 2019. № 5. С. 105–107. DOI 10.21778/2218-5453-2019-5-105-107 УДК 551.7.02

Е. В. Гливенко¹, М. И. Чельдиев¹, Е. А. Алексеева¹

¹ АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева»

АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ДЛЯ КОРРЕЛЯЦИИ СКВАЖИН ПРИ РАЗВЕДКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В статье рассматривается задача обнаружения пласта земли, содержащего полезные ископаемые. Описываются алгоритмы и методы распознавания полезного пласта для вычислительных устройств переносного типа, предназначенных в помощь геологу-разведчику полезных ископаемых. Эти устройства были бы полезны разведчику для определения направления хребта, содержащего полезные ископаемые. С целью облегчения и повышения эффективности поиска полезных ископаемых предлагается использовать универсальную гетерогенную многопроцессорную вычислительную платформу (МВП), разработанную в АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева». МВП позволяет объединять вычислительные модули разных типов и ориентирована на высокоскоростную обработку данных большого объема для решения широкого круга задач гидроакустики, радиолокации, геофизики, поиска полезных ископаемых и др.

Ключевые слова: алгоритмы и методы распознавания полезного пласта, гетерогенная многопроцессорная вычислительная платформа, каротажные кривые

Введение

Алгоритмы распознавания получили развитие в нашей стране в семидесятые годы прошлого столетия, когда для этого был создан отдельный академический институт. Такие алгоритмы впервые стали применяться в биологии для описания того, как думают животные. Многие термины из наблюдений биологов, например за возникновением условного рефлекса у собаки, сохранили свое значение даже в абстрактных описаниях алгоритмов [1].

Алгоритмы распознавания отличаются тем, что не обеспечивают точности результата, но, тем не менее, показывают животному, в каком направлении оно должно действовать. Оказалось, что такой подход полезен в самых различных областях [2–5]. Теперь его используют везде начиная от медицины и заканчивая криминалистикой.

Алгоритмы и методы распознавания полезного пласта

Опыт работы с методами распознавания показал, что точность результата повышается с уменьшением размера области исследования, а также с увеличением количества входной информации.

В разведке полезных ископаемых методы распознавания применяются давно. Основой геологоразведки является обнаружение внутри земли

пласта, содержащего полезное ископаемое. Если считается, что ископаемое присутствует в определенном месте, то возникает задача проследить расположение всего полезного пласта. Для этого пробуриваются новые скважины, из них извлекается керн и сравнивается с кернами полезных скважин. По результатам сравнения делается вывод о распространении всего пласта. Сравнение кернов носит название «корреляция скважин».

Корреляция – термин из статистики. Если заданы две функции $x(t)$ и $y(t)$, то соответствие между ними измеряется по формуле для корреляции r_{xy} :

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}},$$

где \bar{x} и \bar{y} – средние значения выборок X и Y .

Значение r_{xy} – коэффициента корреляции может находиться в интервале $[-1; 1]$. Чем ближе коэффициент корреляции к -1 , тем сильнее обратная статистическая зависимость между переменными (при возрастании одной переменной другая переменная убывает, и наоборот), чем ближе коэффициент к $+1$, тем сильнее прямая зависимость (при возрастании одной переменной другая возрастает, и наоборот).

Кросс-корреляция может быть проведена с использованием преобразования Фурье или динамического программирования.

Идея распознавания очень проста, и ее легко объяснить на примере. Допустим, что в коробке находятся шарики двух типов: тяжелые и легкие. Известно, что тяжелые шарики окрашивают воду в красный цвет, а легкие – в желтый цвет. Такая коробка в распознавании носит название «обучающая выборка». Чтобы установить, каких шариков больше, тяжелых или легких, коробку заливают водой. Если вода краснеет, то в коробке тяжелые шарики, если желтеет, то легкие, а если вода становится оранжевой, то по оттенку легко понять, каких шариков больше.

В случае геологической разведки коробки заменены так называемыми «каротажными кривыми», которые строятся для каждой скважины по керну, извлеченному с соответствующей глубины. Слово «каротаж» происходит от французского «carottage» – добывать керн. Каротажные кривые строятся отдельно для разных признаков (химических, физических и др.), и по корреляции с обучающими (изварными) кривыми выясняют соответствие скважин искомому подземному хребту.

Трудность геологической разведки заключается в том, что признаков очень много, а сам искомый подземный хребет может быть разрушен. Поэтому создание обучающей выборки – специфическая задача для каждого региона.

Для того чтобы выделить главные признаки, поступают следующим образом. Допустим, нам нужно проверить коррелированность двух кривых $y_1(x)$ и $y_2(x)$. Тогда применяют известные формулы для вычисления коэффициента корреляции. Метод широко применяется, но без использования возможностей современных компьютеров. В случае если эти кривые заменены такими, где выброшены отрезки с большим числом нулевых значений, сравнение производят по новым кривым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурлаков Н. С. Математическое, алгоритмическое, программное обеспечение для идентификации структурных объектов по комплексу разнородных геолого-геофизических данных: диссертация канд. тех. наук. М.: 2014. 243 с.
2. Гливенко Е. В. Методы распознавания в нефтегазовом деле. М: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2013. 129 с.
3. Бонгард М. М. Проблемы узнавания. М.: Наука, 1967. 321 с.
4. Вапник В. Н., Червоненко А. Я. Теория распознавания образов. М.: Наука, 1974. 416 с.
5. Губерман Ж. А. Неформальный анализ данных в геологии в геофизике. М.: Недра, 1987. 261 с.
6. Методология проектирования и производства отечественной высокопроизводительной гетерогенной вычислительной платформы (ВГВП) в рамках импортозамещения / Л. Д. Баранов, П. В. Галаган, С. А. Сорокин, С. М. Чудинов // Вопросы радиоэлектроники. 2017. № 2. С. 14–21.
7. Баранов Л. Д., Лобанов В. Н., Чельдиев М. И. Применение многопроцессорной вычислительной платформы с гетерогенной архитектурой для решения задач гидроакустики и радиолокации // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 5. С. 7–16.

Известно много вариантов работы в разведке с распознаванием образов. Например, работа по циклам, когда сравниваемые скважины соединены в треугольник или другие фигуры.

Трудности геологической разведки не позволяют добиться корреляции с определенными требованиями, поэтому на практике приходится доверять опыту геофизика.

Применение многопроцессорной вычислительной платформы

Для решения рассмотренных задач в реальной обстановке можно использовать высокопроизводительные вычислительные платформы, оснащенные специализированным программным обеспечением. Примером такой вычислительной платформы может служить универсальная гетерогенная многопроцессорная вычислительная платформа (МВП), разработанная в АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М. А. Карцева», в рамках ОКР «Поток» [6, 7], и ориентированная на высокоскоростную обработку большого объема данных для решения широкого круга задач гидроакустики, радиолокации, геофизики, поиска полезных ископаемых и др.

Особенностью МВП является возможность объединять на одной шине вычислительные модули на основе процессоров Intel x86, «Эльбрус», «Байкал», графических ускорителей Nvidia, модулей на основе ПЛИС Xilinx.

Выводы

Способность универсальной гетерогенной многопроцессорной вычислительной платформы к реконфигурации и масштабированию позволяет создавать проблемно-ориентированные специализированные конфигурации для различных областей применения. Таким образом, сотрудничество геофизиков и разработчиков компьютеров может помочь стандартизировать процедуру распознавания положения пластов полезных ископаемых.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гливенко Елена Валерьевна, д.т.н., профессор, консультант по научной работе, АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева», Российская Федерация, 117437, Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, тел.: 8 (495) 336-80-77.

Чельдиев Марк Игоревич, к.т.н., главный конструктор направления, АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева», Российская Федерация, 117437, Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, тел.: 8 (495) 330-09-92, e-mail: mich@niivk.ru.

Алексеева Елена Александровна, к.т.н., научный консультант, АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева», Российская Федерация, 117437, Москва, ул. Профсоюзная, д. 108, тел.: 8 (495) 330-04-17, e-mail: ealeks@niivk.ru.

For citation: Glivenko E. V., Cheldiev M. I., Alekseeva E. A. Recognition algorithms for correlation of wells during development of minerals. Voprosy radioelektroniki, 2019, no. 5, pp. 105–107. DOI 10.21778/2218-5453-2019-5-105-107

E. V. Glivenko, M. I. Cheldiev, E. A. Alekseeva

RECOGNITION ALGORITHMS FOR CORRELATION OF WELLS DURING DEVELOPMENT OF MINERALS

The article presents the problem of detecting an earth layer, containing minerals, describes the recognition algorithms for computing devices of a portable type, designed to help the exploration geologist. These devices would be useful to the exploration geologist at the time of determining the direction of the ridge containing minerals. To solve the problem of finding minerals, it is proposed to use a universal heterogeneous multiprocessing computing platform (MCP), developed in M. A. Kartsev Computing System Research and Development Institute intended for high-speed processing of large-scale data when solving a wide range of hydroacoustics, radar, geophysics and mineral exploration tasks.

Keywords: algorithms and methods for recognizing a useful stratum, heterogeneous multiprocessing computing platform, logging curves

REFERENCES

1. Burlakov N. S. *Matematicheskoe, algoritmicheskoe, programmnoe obespechenie dlya identifikatsii strukturnykh ob'ektov po kompleksu raznorodnykh geologo-geofizicheskikh dannykh* [Mathematical, algorithmic, software for identification of structural objects by a complex of heterogeneous geological and geophysical data: dissertation]. Moscow, 2014, 243 p. (In Russian).
2. Glivenko E. V. *Metody raspoznavaniya v neftegazovom dele* [Recognition methods in the oil and gas business]. Moscow, RGU nefti i gaza Publ., 2013, 129 p. (In Russian).
3. Bongard M. M. *Problemy uznvaniya* [Recognition problems]. Moscow, Nauka Publ., 1967, 321 p. (In Russian).
4. Vapnik V. N., Chervonenko A. Ya. *Teoriya raspoznavaniya obrazov* [Theory of pattern recognition]. Moscow, Nauka Publ., 1974, 416 p. (In Russian).
5. Guberman Zh. A. *Neformalnyi analiz dannykh v geologii v geofizike* [Informal analysis of data in geology in geophysics]. Moscow, Nedra Publ., 1987, 416 p. (In Russian).
6. Baranov L. D., Galagan P. V., Sorokin S. A., Chudinov S. M. Methodology of design and production of domestic high-performance heterogeneous computing platforms within import substitution. *Voprosy radioelektroniki*, 2017, no. 2, pp. 14–21. (In Russian).
7. Baranov L. D., Lobanov V. N., Cheldiev M. I. Use of multiprocessor computing platform with heterogeneous architecture for solving the problems of hydroacoustics and radiolocation. *Voprosy radioelektroniki*, 2018, no. 5, pp. 7–16. (In Russian).

AUTHORS

Glivenko Elena, D. Sc., scientific consultant, M. A. Kartsev Computing System Research and Development Institute (NIIVK, JSC), 108, Profsoyuznaya St., Moscow, 117437, Russian Federation, tel.: +7 (495) 336-80-77.

Cheldiev Mark, Ph. D., chief designer of the direction, M. A. Kartsev Computing System Research and Development Institute (NIIVK, JSC), 108, Profsoyuznaya St., Moscow, 117437, Russian Federation, tel.: +7 (495) 330-09-92, e-mail: mich@niivk.ru.

Alekseeva Elena, Ph. D., scientific consultant, M. A. Kartsev Computing System Research and Development Institute (NIIVK, JSC), 108, Profsoyuznaya St., Moscow, 117437, Russian Federation, tel.: +7 (495) 330-04-17, e-mail: ealeks@niivk.ru.