

Применение математических функций в обработке сейсмических сигналов

Д.А. Кабаева

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. При изучении сейсмических сигналов большое внимание уделяется их обработке [4]. Обработка сигналов производится различными методами. Нередко применяются математические функции для изучения сейсмических сигналов. В работе рассмотрены математические функции корреляции и автокорреляции в качестве инструмента для обработки сейсмических сигналов. Данные математические функции помогают отследить взаимосвязь сигналов, а также дают возможность определить положение помех, регистрирующихся вместе с полезным микросейсмическим сигналом. Согласно литературным данным [2, 4] природный шум состоит из множества волновых пакетов, и функция автокорреляции показывает это на практических примерах. Таким образом, функции корреляции и автокорреляции являются хорошим помощником в обработке сейсмических сигналов.

Цель — применить математические функции корреляции и автокорреляции для обработки сейсмических сигналов.

Методы. Для разведки трудноизвлекаемых запасов нефти и газа применяют пассивные методы сейсморазведки. Одним из таких методов является метод низкочастотного сейсмического зондирования (НСЗ) — метод, основанный на регистрации сигналов без использования устройств, генерирующих упругие колебания. В ходе данного метода регистрируются микросейсмические сигналы, позволяющие получить представление о продуктивных зонах со сложным геологическим строением. В методе НСЗ особое внимание уделяется фильтрации помех, которая затрудняется при обработке сигналов [1]. Для решения этой задачи применим функции корреляции и автокорреляции.

Корреляция — статистическая взаимосвязь между двумя и более переменными [3]. Данная функция позволяет определить время задержки сейсмического сигнала. На рисунке 1 представлены синусоидальные сигналы и график корреляции этих сигналов.

При построении графика корреляции сигналов происходит смещение одного сигнала относительно другого, и при каждом смещении рассчитывается коэффициент корреляции. В момент наибольшего совпадения сигналов определяется максимальный коэффициент корреляции, по которому определяется время задержки одного сигнала относительно другого.

Частным случаем функции корреляции является взаимная корреляция — это статистический метод, который используется в обработке сигналов для измерения степени сходства между двумя сигналами [3]. В обработке сигналов взаимная корреляция позволяет распознавать помехи в сигналах. На рисунке 2 представлен простой пример взаимной корреляции двух сигналов.

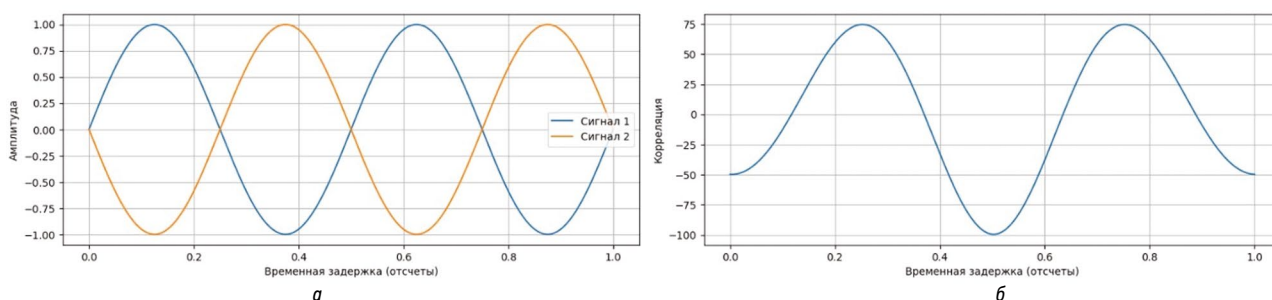


Рис. 1. а) Синусоидальные сигналы; б) График корреляции сигналов

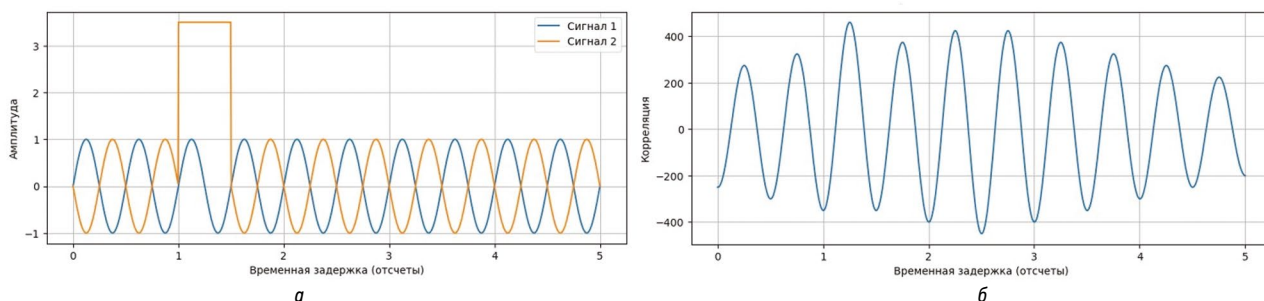


Рис. 2. а) Синусоидальные сигналы (сигнал 2 с импульсной помехой); б) График взаимной корреляции между сигналами с импульсной помехой

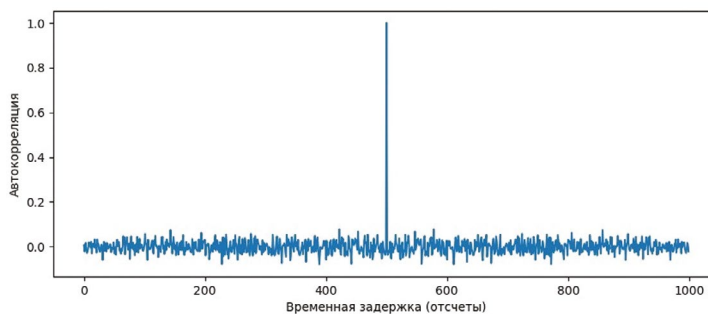


Рис. 3. График автокорреляции сигнала с помехами

Из рисунка 2 видно, что график взаимной корреляции отображает помеху, зарегистрированную вторым сигналом. Таким образом, взаимная корреляция показывает помехи и позволяет распознавать их в сигналах при обработке.

Автокорреляция — это математическое представление степени сходства между данным временным рядом и его запаздывающей версией на последовательных временных интервалах [3]. Функция автокорреляции в обработке сигналов показывает природу сейсмических сигналов. На рисунке 3 приведен пример автокорреляции сигнала с помехами.

Из рисунка видно, что автокорреляция данного сигнала имеет один выраженный максимум и при малейшем сдвиге ее значения падают практически до нуля. Это подтверждает тот факт, что помехи являются слабо коррелированным процессом.

Результаты. Применены математические функции корреляции, взаимной корреляции и автокорреляции для обработки сейсмических сигналов. Функция корреляции позволяет определить время задержки сейсмического сигнала. Функция автокорреляции моделирует природу шума и показывает его состав. Функция взаимной корреляции позволяет распознавать помехи в сигналах при их обработке, а также определять их положение в сигнале.

Выводы. Результаты проведенных исследований показывают, что решение задач обработки и интерпретации сейсмических сигналов возможно с применением математических функций. Тестирование данных функций показало, что они позволяют получить дополнительные сведения о сигналах и являются полезным инструментом для их изучения.

Ключевые слова: корреляция; автокорреляция; сейсмический сигнал; пассивная сейсморазведка; метод низкочастотного сейсмического зондирования (НСЗ).

Список литературы

1. Биряльцев Е.В., Вильданов А.А., Еронина Е.М., и др. Моделирование эффекта АНЧАР в методе низкочастотного сейсмического зондирования // Технологии сейсморазведки. 2010. № 1. С. 31–40. EDN: NBYGHN
2. Биряльцев Е.В., Рыжов В.А., Шабалин Н.Я. Особенности интерпретации спектральных характеристик природных микросейсм для локального прогноза нефтеносности в условиях Республики Татарстан. В кн.: Прием и обработка информации в сложных информационных системах. Вып. 22. Казань, 2005. С. 113–120.

3. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. 10-е изд. стереотип. Москва: Высшая школа, 2004. 479 с.
4. Рыжов В.А. Обработка микросейсмических сигналов в задаче пассивного низкочастотного сейсмического зондирования Земли: дис. ... канд. физ.-мат. наук. 2009. 157 с.

Сведения об авторе:

Дарья Александровна Кабаева — студентка, группа 4-ИНГТ-2, Институт нефтегазовых технологий; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: daryakabaeva55@gmail.com

Сведения о научном руководителе:

Ксения Васильевна Авдеева — ассистент; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: syugaeva94@mail.ru