

# Быстрый поиск распределенных рассеивателей на базе массово-параллельных вычислений APACHE SPARK

**АВТОРЫ:** д.т.н., проф. Потапов В.П., к.т.н. Попов С.Е.

Разработан алгоритм и реализующий его программный модуль поиска распределенных рассеивателей на базе быстрого алгоритма SqueeSAR с использованием библиотеки массово-параллельных вычислений Apache Spark API для задачи расчета скоростей смещений земной поверхности методом постоянных отражателей (Persistent Scatterers). Данный модуль интегрирован в программный комплекс «Монитор-Радар» (информационная подсистема «Монитор»), разработанный в рамках выполнения НИР в 2019 г.

Алгоритм базируется на идее поиска статистически однородных пикселей, в результате чего выявляются подмножества точечных и распределенных рассеивателей и выполняется пространственно-адаптивная фильтрация последних. Рассматривается стек из  $N$  совмещенных с субпиксельной точностью изображений. Делается предположение, что данные радарных изображений и рассчитываемые на их основе геофизические параметры являются общими для каждой статистически однородной выборки близлежащих пикселей. В соответствии с этим предположением однородность (гомогенность) пикселей оценивается в пределах заданного окна (SHP-пикселы). Сдвиг окна происходит по ширине и высоте изображения с шагом равном ширине и высоте окна. Гомогенность (однородность) точек двух векторов значений фаз (представлено комплексным числом) стека определяется в заданном окне сдвига посредством проверки критерия Колмогорова-Смирного (DS-наборы). Общий алгоритм может быть описан следующим образом:

- определение статистически однородных точек (Statistically Homogeneous Pixels – SHP) по всей площади стека интерферометрических изображений;
- формирование наборов распределенных рассеивателей (Distributed Scatterers – DS) путем фильтрации по количественному порогу SHP-пикселей;
- поиск для каждого DS-набора уточненных (оценка) значений интерферометрической фазы SHP-пикселей, используя специальную матрицу когерентности, и решение на ее основе задачи максимизации;
- фильтрация полученных уточненных интерферометрических фаз пикселей DS-набора на базе вычисляемого оценочного параметра;
- замена значений первоначальных фаз в интерферометрическом стеке их уточненными значениями. Модифицированные изображения далее участвуют в процессе обработки методом постоянных рассеивателей PS.

Возможность параллельного выполнения алгоритма строится на предположении, что каждое окно является независимой сущностью. Вычисления над входными данными не используют результаты аналогичных вычислений. Значения переменных и объектов внутри окна не влияют на выполнение вычислений в других окнах сдвига. Количество окон определяется только

размером исходных изображений в стеке. Совмещение всех изображений в стеке с субпиксельной точностью гарантирует равный размер и количество окон. Алгоритм не является итерационным и может быть реализован посредством параллельных вычислений. Время работы алгоритма при параллельном выполнении в многопроцессорной конфигурации оказалось в среднем в 30 раз меньше по сравнению с однопроцессорным запуском. Ниже представлен результат работы алгоритма (рис.1).

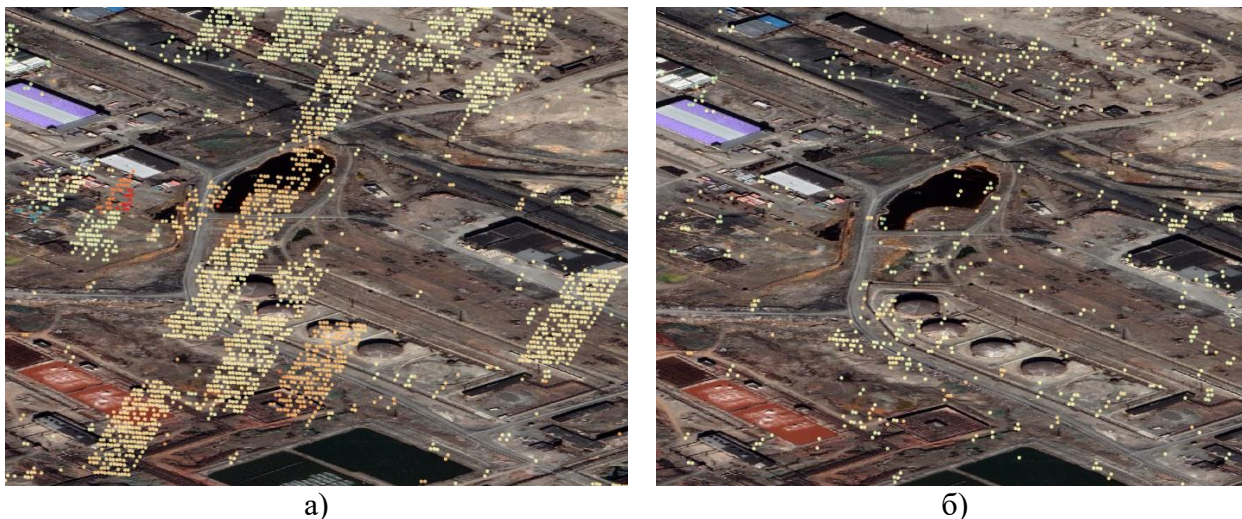


Рисунок 1. Результат расчета полной схемы скоростей смещений с интегрированным алгоритмом SqueeSAR а) и без б). Географическая область на территории ТЭЦ-3 в г. Норильске.

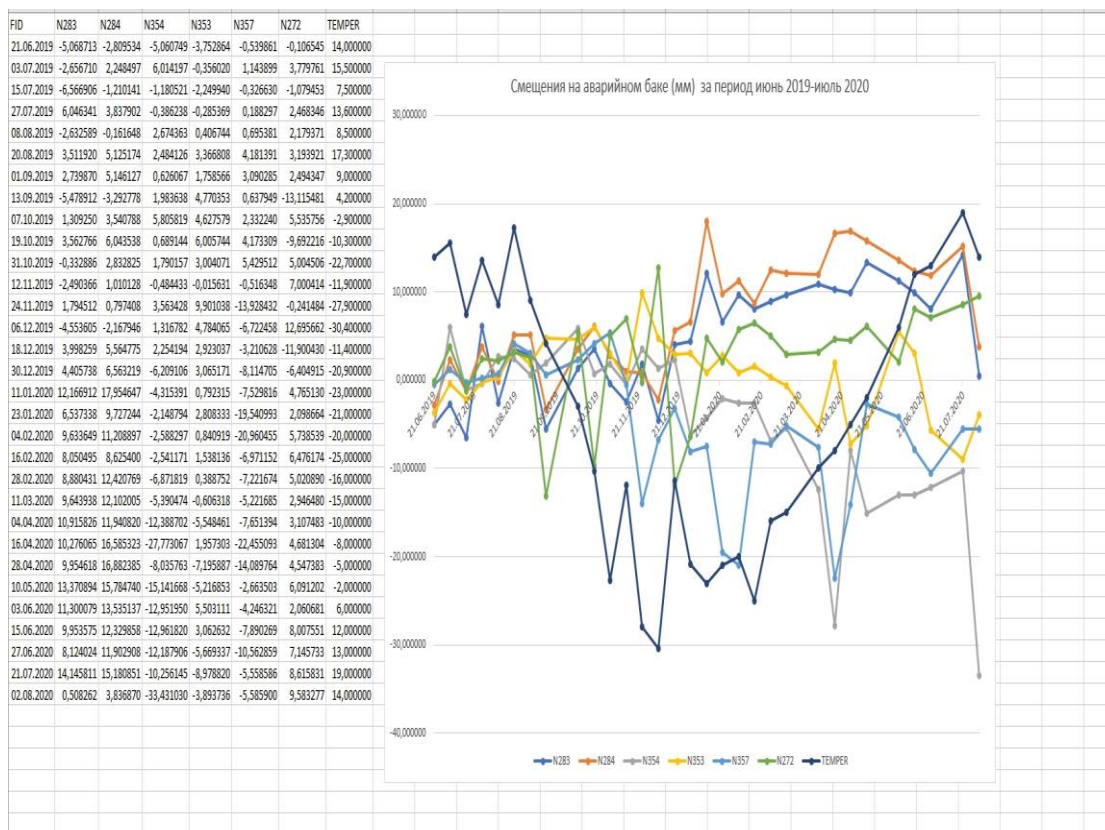


Рисунок 2 - приведен итоговый расчеты смещений для аварийного бака, и их связь с изменениями температуры для резервуара с утечкой, в котором было около 21 тысячи тонн дизельного топлива.

**Новизна результата.** Предложена высокопроизводительная версия алгоритма SqueeSAR для радарных данных космического аппарата Sentinel-1 на базе парадигмы массово-параллельного исполнения заданий и интеграции его в общую схему расчета смещений метода постоянных рассеивателей.

**Значимость результатов.** Высокая скорость расчетов и большой объем снимков в интерферометрическом стеке совмещенных изображений, позволяет проводить поиск и оценку постоянных отражателей в вариативном наборе значений основных параметров метода PS. Вследствие чего удастся добиться резкого увеличения суммарного набора постоянных отражателей для малокогерентных областей. Это позволяет повысить эффективность решения задач дифференциальной радарной интерферометрии.

**Область применения.** Мониторинг геодинамической обстановки в областях интенсивной угледобычи. Расширение методов построения скоростей смещений земной поверхности. Более точная оценка изменений рельефа в районах интенсивного строительства. Отслеживание динамики изменения русла рек.

## **ПУБЛИКАЦИИ:**

1. Попов С.Е., Замаев Р.Ю., Миков Л.С. Массово-параллельный подход к обработке радарных данных // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2020. - Т.17. - № 2. - С.49-61. - ISSN 2070-7401. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-2-49-61