

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДАРНОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ГЕОДИНАМИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Доктор техн. наук. *В.П. Потанов*, кандидат техн. наук *С.Е. Попов*
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный
исследовательский центр информационных и вычислительных технологий»

В работе приводится описание программного комплекса для высокопроизводительной обработки радарных изображений, полученных с космического аппарата Sentinel-1 методами малых базовых линий и постоянных отражателей. Программный комплекс позволяет строить карты средних скоростей смещений земной поверхности, по точности замера высоты. В рассматриваемом подходе применяется проблемно-ориентированный подход на основе систем массивно-параллельного исполнения заданий обработки больших объемов, поступающих радарных данных. В качестве технологического стека используются решения на базе компонентов экосистемы ApacheHadoop (Spark).

Ключевые слова: радарная интерферометрия, программный комплекс, мониторинг смещений.

RADAR INTERFEROMETRY SOFTWARE FOR ASSESSING THE GEODYNAMICS OF INDUSTRIAL FACILITIES

Dr (Tech). *V.P. Potapov*, Ph.D (Tech) *S.E. Popov*
Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Research Center for Information
and Computing Technologies»

The paper describes a software package for high-performance processing of radar images obtained from the Sentinel-1 spacecraft using the methods of small baseline subset and persistent scatterers. The software package allows you to build maps of average velocities of displacements of the earth's surface, according to the accuracy of measuring the height. The approach under consideration uses a problem-oriented approach based on systems of massively parallel execution of tasks for processing large volumes of incoming radar data. The technology stack is based on Apache Hadoop ecosystem components (Spark).

Keywords: radar interferometry, software package, displacement monitoring.

Введение

Оценка геодинамического состояния технических объектов является одной из сложнейших задач, предполагающих непрерывный мониторинг их состояния. Иногда, учитывая труднодоступность и сложность климатических условий, непрерывные наблюдения за объектами, которые могут привести к серьезным экологическим катастрофам, практически не ведутся, поэтому нами предлагается сравнительно новый метод, основанный на радарной интерферометрии, который позволяет в определенной степени решать поставленные задачи, с учетом предыдущей истории их состояния. С этой целью нами разрабо-

тан программно-аппаратный «Монитор-Радар» (информационная подсистема «Монитор») для обработки радарных снимков с поддержкой графических интерфейсов конфигурирования и запуска алгоритмов основных этапов процессинга интерферометрических данных методами PersistentScatterer [1] и SmallBASeline (SBaS) [2] в интеграции с MPP-системой (massiveparallelprocessing) для высокопроизводительного мониторинга смещений земной поверхности на участках аэрокосмической съемки.

Методы и программное обеспечение

Предлагается улучшенный метод дифференциальной радарной интерферометрии для своевременного выявления смещений земной поверхности в районах нефтедобычи, картирования деформаций, а также для мониторинга последствий природных и техногенных смещений и деформаций сооружений. Метод позволяет выявлять малейшие смещения – вплоть до нескольких миллиметров, сводит к минимуму риск возникновения чрезвычайных ситуаций и значительно уменьшает их возможные последствия. Основное преимущество радарной дифференциальной интерферометрии – независимая дистанционная оценка изменений по всей площади снимка, где для расчета используется массив спутниковых радарных данных (от 15 пар), полученных с периодичностью до 8 раз в месяц.

Новизна предложенного подхода заключается в использовании маскирования полученных результатов – карт средних скоростей смещений земной поверхности, по точности замера высоты и смещений. Во время обработки происходит фильтрация пар снимков с неудовлетворительным качеством развернутой фазы, что позволяет уменьшить шум на изображениях и увеличить точность результатов расчета. Математическая модель и алгоритмизация полного цикла пре- и пост-процессинга радарных данных основана на модифицированном методе построения карт скоростей смещений PersistentScatterers.

В рассматриваемом подходе применяется проблемно-ориентированный подход на основе систем массивно-параллельного исполнения заданий обработки больших объемов, поступающих радарных данных. В качестве технологического стека используются решения на базе компонентов экосистемы ApacheHadoop (Spark) [3-5] и фреймворк архитектуры для управления состоянием приложения Redux+ReactJS, позволяющий строить достаточно экономичные программно-вычислительные комплексы.

Предлагаемая система поддерживает широкий пул радарных изображений, поступающих с космических аппаратов миссий Sentinel-1A [3], посредством доступа к данным через открытый ресурс CopernicusOpenAccessHub (OAHub) (<https://scihub.copernicus.eu/userguide/WebHome>), основанный на RESTful-запросах, согласно выбранным географическим границам интересующего региона мониторинга. В зависимости от режима работы системы доступны: опция выбора из базы данных предварительно загруженных снимков, либо загрузка по расписанию.

Расчетная часть программного комплекса основывается на схеме маршрутизации потоков данных исполняемых заданий на базе оркестрации контейнеров в системе DockerSwarm. Разработанный комплекс представлен тремя логическими составляющими: графическая часть (FRONTEND), система обслуживания пользовательских запросов (MIDDLEWARE) и вычислительное ядро с массово-параллельной функциональностью (BACKEND). Функциональная часть комплекса поддерживает:

- запуск, процессинг и корректное завершение заданий в массово-параллельном стиле для многопользовательских запросов, в том числе в потоковом режиме на стороне BACKEND;
- автоматическая маршрутизация вычислительных потоков SN-системы в пуле поступающих заданий, разделение заданий на основе аппаратной конфигурации кластера по узлам системы, их идентификация и протоколирование процесса выполнения. Под-

держка возможности указания количества требуемых ресурсов (CPU Cores, JVM memory) для конкретных заданий, запускаемых пользователем (BACKEND);

- поддержка распределенной файловой системы, доступной со всех узлов (BACKEND);

- возможность комплексного управления заданиями в удалённом режиме посредством RESTful запросов через протокол HTTP. Поддержка компонентной модели структуры графических элементов интерактивного пользовательского интерфейса (MIDDLEWARE и FRONTEND). Представление и взаимодействие с радарными данными посредством электронной карты, таблицы параметров и методов, составляющих BACKEND. Доступна поддержка компонентной модели структуры пользовательского-frontend, представление и взаимодействие с радарными данными посредством электронной карты, таблицы параметров и предлагаемых методов радарных интерферометрии, составляющих backend, базы данных космоснимков, режим авторизации/аутентификации. Реализована поддержка контейнера модели состояние, отслеживание и изменение визуальных частей компонентов (рис. 1), запуск заданий на стороне backend, формирование нового состояния веб-приложения, без перезагрузки последнего, доступно полное масштабирование системы.

BACKEND-составляющая системы поддерживает запуск, процессинг и корректное завершение заданий в массово-параллельном стиле для многопользовательских запросов, в том числе и в потоковом режиме, автоматическое разделение заданий на основе аппаратной конфигурации кластера по узлам системы, их идентификация и логирование процесса выполнения. Реализована поддержка возможности указания количества требуемых ресурсов для конкретных заданий, запускаемых пользователем. Поддержка распределенной файловой системы доступной со всех узлов, комплексного управления заданиями в удалённом режиме посредством RESTful запросов через протокол HTTP.

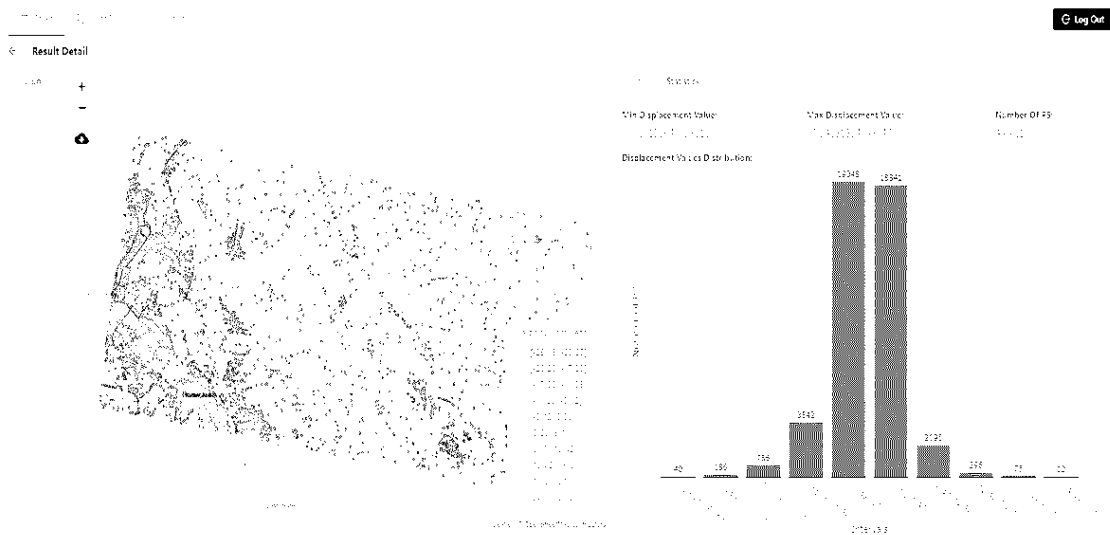


Рис 1. Фрагмент графической части предлагаемой системы на основе интеграции компонентов архитектуры Redux+ReactJS и компонентов экосистемы ApacheSpark

Многочисленные расчетные эксперименты показали, что технология позволяет провести оценку смещений на большой территории (несколько сотен квадратных километров) за относительно короткий промежуток времени (обработка 12 снимков заняла около 1.5 часа), что в свою очередь снижает финансовые (данные поставляются бесплатно),

трудовые и временные затраты по сравнению с традиционными наземными измерениями деформаций земной поверхности.

В результате анализа различных подходов, применяемых при обработке радарных данных, обзора технологий распределенных вычислений предлагается распределенная информационно-вычислительная система на базе архитектуры массово-параллельного исполнения заданий экосистемы ApacheHadoop (компонент ApacheSpark) для потоковой комплексной обработки и анализа радарных снимков. Программная реализация содержит многофункциональный веб-интерфейс, позволяющий пользователю взаимодействовать с кластером, получая доступ к распределенной файловой системе HDFS, взаимодействовать с открытыми ресурсами космоснимков посредством RESTful API, создавать и исполнять существующие задания ориентируясь на схемы полного цикла процессинга интерферометрических данных.

По сравнению с традиционными подходами к обработке радарных данных, при которых высокопроизводительные вычисления не применяются, а оптимизация программной составляющей алгоритмов достигается за счет использования стандартных библиотек параллельных вычислений. Предлагаемое решение ориентировано на использование как собственных расчетных пакетов модулей, так и привлечение сторонних разработок, за счет гибкой программной инфраструктуры кластера Spark, позволяющего использовать изолированные контейнеры объектов с возможностью запуска в среде JVM.

Предлагаемое комплексное решение (веб-портал и MPP-миникластер) может быть развернуто на большом количестве узлов с гибридной аппаратной архитектурой, не требующих дорогостоящих систем хранения данных и вычислительных серверов, за счет применения распределенной файловой системы и менеджера ресурсов отдельно функционирующих рабочих узлов (Workernodes), представленных даже обычными персональными компьютерами.

Практическое применение

Данный комплекс был использован для расчетов смещения аварийного бака, в результате которого произошла экологическая катастрофа в Норильском ГПК. Были выполнены расчеты на основании радарных снимков за 2019 -2020 годы, которые показали как динамику изменения смещений в районе конструкции, так и их связь с погодными условиями. В дополнение к предложенным методам обработки данных радарной интерферометрии, разработана методика пространственного кластерного анализа геодинамических явлений, которая позволила определить наиболее опасные по смещениям зоны.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 20-47-420002.

Литература

1. Sbas Tutorial // Sarmap tutorials. URL: http://sarmap.ch/tutorials/sbas_tutorial_V_2_0.pdf (дата обращения: 01.09.2020)
2. Sousa J. J., Hooper J.A., Hanssenc R.F., Bastos L.C., Ruize A.M. Persistent Scatterer InSAR: A comparison of methodologies based on a model of temporal deformation vs. spatial correlation selection criteria. // Remote Sensing of Environment. 2011. Vol. 115. № 10. P. 2652-2663
3. Interferometric Wide Swath // ESA. Sentinel Online URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar/acquisition-modes/interferometric-wide-swath> (дата обращения: 02.11.2020)
4. Spark Configuration // Apache Spark. URL: <https://spark.apache.org/docs/latest/configuration.html> (дата обращения 02.11.2020)
5. YARN // Apache Hadoop. URL: <http://hadoop.apache.org/docs/stable/hadoop-yarn/hadoop-yarn-site/YARN.html> (дата обращения 02.11.2020)

Сведения об авторах

Потапов Вадим Петрович, профессор Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий», тел. 7 (3842) 21-14-00, e-mail: vadimptpv@gmail.com

Попов Семен Евгеньевич, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий», тел. 8 905 969 21 07. e-mail: popov@ict.sbras.ru

УДК 566.166(571.56)

DOI: 10.36535/0869-4176-2021-01-13

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА
МАКСИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА УЧАСТКЕ
Р. ЛЕНА ВОЗЛЕ П. ТАБАГА**

В.В. Тимофеева,

кандидат техн. наук **Г.П. Стручкова,**

кандидат физ.-мат. наук **Т.А. Капитонова**

Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН

Прогнозирование максимальных уровней воды во время весеннего половодья на участках р. Лена необходимо для своевременной разработки превентивных мероприятий и минимизации размеров ущерба. Для чего предлагается использовать модели прогнозирования с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС), которые обладают способностью обучаться, учитывать скрытые закономерности и приобретают исключительную важность при прогнозировании природно-техногенных экстремальных ситуаций. В статье приводится сравнение результатов прогнозирования с помощью сетей Элмана и многослойного перцептрона (MLP). Сравниваются результаты использования различных структур сетей. Показано, что при моделировании на более длительный период, метод Элмана имеет небольшое преимущество перед методом MLP.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, сети Элмана, заторообразование, весенние половодья, максимальные уровни воды, данные многолетних наблюдений, прогнозирование.