

**П. Г. Михайлюкова** (МГУ им. М. В. Ломоносова)

В 2012 г. окончила географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова по специальности «картография». В настоящее время — аспирантка лаборатории аэрокосмических методов географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

# Обзор программного обеспечения для интерферометрической обработки радиолокационных снимков

Для обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в настоящий момент существует множество вариантов программного обеспечения (ПО). Однако лишь часть коммерческого и открытого ПО предоставляет возможности для обработки космических снимков методом радиолокационной интерферометрии. Явным преимуществом коммерческого ПО является многофункциональность, открытого — доступность. Открытые программные пакеты имеют лишь незначительные возможности для обработки интерферометрических пар. Для увеличения функциональности такого ПО необходимо иметь навыки программирования. Это, с одной стороны, является препятствием в работе для пользователей без опыта программирования, а с другой — дает возможность опытным пользователям доработать ПО под конкретные задачи.

В ходе исследования был проведен обзор возможностей ПО, включающего обработку радиолокационных изображений (РЛИ) методами радиолокационной интерферометрии.

В обзоре участвуют два коммерческих продукта — модуль Radar Interferometry для ERDAS Imagine (версия 2014.00.0100) и модуль SARscape для ENVI (версия 5.1), а также представитель открытого ПО — The Next ESA SAR Toolbox (NEST). Такой выбор программных пакетов объясняется тем, что ERDAS Imagine и ENVI/SARscape — два основных продукта на рынке коммерческого ПО для обработки данных ДЗЗ. В текущей версии PSI Geomatica обработка радиолокационных данных ограничена. Выбор NEST объясняется тем, что последняя общедоступная версия NEST 5.1 обладает удобным пользовательским интерфейсом.

Обзоры ПО для интерферометрической обработки РЛИ выполнялись и ранее [1]. Однако эти обзоры включают оценку ПО с точки зрения технологий, реализации тех или иных алгоритмов и быстродействия. Мы в нашей работе дадим характеристику ПО с точки зрения пользователя, не имеющего углубленной подготовки в интерферометрической обработке.

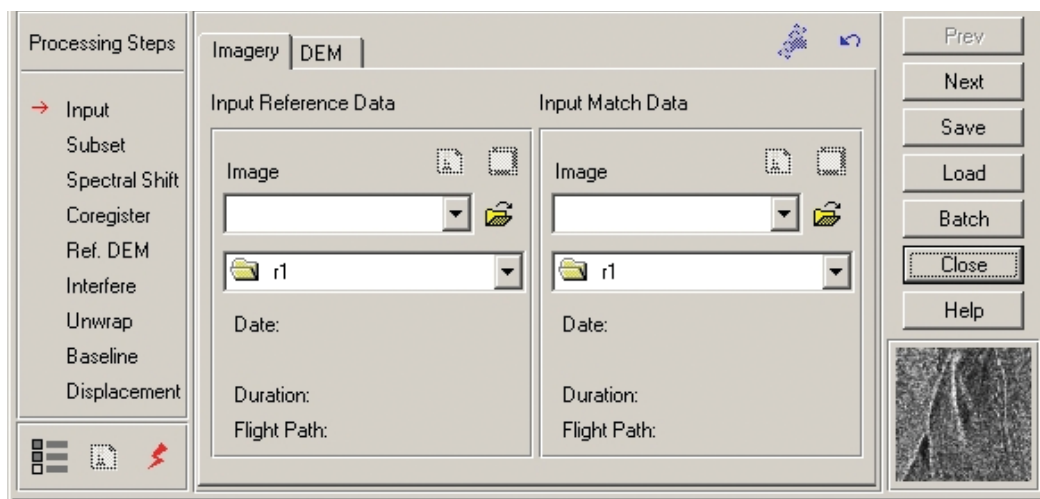


Рис. 1. Реализация метода радиолокационной интерферометрии в ERDAS Imagine. Приведен интерфейс Displacement mapping (расчет смещений поверхности); имеется также аналогичный ему интерфейс DEM Extraction (расчет ЦММ), в котором отличается лишь последний этап обработки

При сравнении ПО использовались такие критерии, как полнота предлагаемого набора методов обработки, гибкость настройки параметров обработки, удобность и простота использования ПО оператором, не имеющим углубленной подготовки.

Прежде всего отмечу, что наиболее распространенный метод радиолокационной интерферометрии, который поддерживает большинство коммерческого и открытого ПО — двухпроходная дифференциальная интерферометрия. Максимальное количество методов радиолокационной интерферометрии поддерживает модуль SARscape для ENVI.

Наиболее широкими возможностями обладает SARscape, где помимо возможности обработки двухпроходной интерферометрии, реализованы алгоритмы расчетов многопроходной интерферометрии, а также метод постоянных рассеивателей (PS-InSAR) и метод малых базовых линий (SBAS). NEST позволяет реализовывать лишь двух- и трехпроходную дифференциальную интерферометрию, а ERDAS Imagine только двухпроходную.

Во всем сравниваемом ПО этапы интерферометрической обработки собраны в нужной последовательности в отдельном интерфейсе (ERDAS Imagine, SARscape) или вкладке меню (NEST), и пользователю остается лишь их выполнить. Так, все необходимые инструменты для выполнения интерферометрической обработки собраны в отдельном диалоге ERDAS Imagine (рис. 1). В левой части интерфейса в нужном порядке расположены этапы интерферометрической обработки – от импорта радиолокационных снимков до расчета итоговых изображений вертикальных и горизонтальных смещений.

Инструменты для интерферометрической обработки в SARscape также собраны в отдельном интерфейсе в последовательности, необходимой для интерферометрической обработки (рис. 2).

В NEST 5.1 все этапы интерферометрической обработки собраны в одной вкладке (рис. 3), однако последовательность соблюдена не для всех этапов, что связано с тем, что развертка фазы, в том числе, выполняется и во внешнем

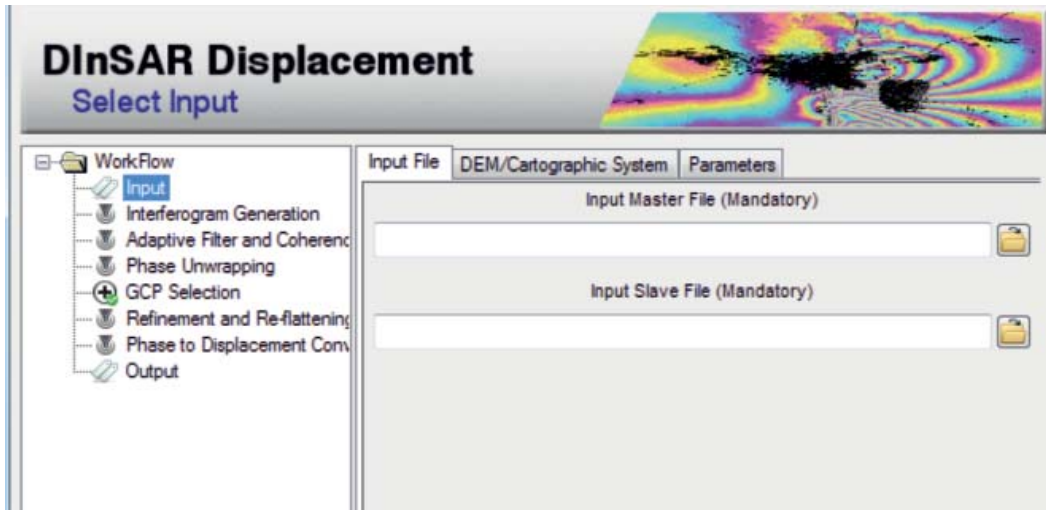


Рис. 2. Интерфейс SARscape/ENVI

ПО (Snaphu). Однако в текущей версии NEST 5.1 развертка фазы уже интегрирована в основной интерфейс, но сильно ограничена по параметрам обработки, поэтому развертка фазы в Snaphu по-прежнему интересна пользователям. При импорте РЛИ SARscape предусматривает возможность использовать внешние файлы, содержащие параметры орбиты на момент съемки. Это необходимо для корректной обработки РЛИ, полученных такими съемочными системами, как, например, RADARSAT-2, Envisat. В ERDAS Imagine возможность скорректировать данные о положении орбиты также реализована, но в отдельном диалоге.

SARscape и ERDAS Imagine поддерживают обработку РЛИ большинства современных съемочных систем, в то время как NEST поддерживает достаточно ограниченное количество РЛИ.

В части реализации самого процесса обработки наиболее гибкими возможностями обладает программное обеспечение SARscape – при выполнении каждого этапа обработки есть возможность настроить любой его параметр (рис. 4). Однако такая реализация в неко-

торых случаях требует глубоких знаний в области физических основ метода интерферометрии, что может создать трудности в обработке интерферометрических пар у неподготовленного пользователя. Для начинающих пользователей также предусмотрен ряд наборов рекомендуемых настроек в зависимости от типа обрабатываемых данных.

В ERDAS Imagine реализованы две возможности обработки – полностью автоматизированная обработка интерферометрических пар и обработка с участием человека (рис. 5). Автоматизированная обработка предполагает использование большинства параметров обработки по умолчанию. Достаточно указать, является ли рельеф изучаемой территории горным или равнинным. Автоматизированный режим позволяет получить удовлетворительные результаты обработки, которые могут быть достаточными при высоком качестве исходных радиолокационных данных (в том числе точно определенных орбитальных параметрах съемки). По сведениям от разработчиков, наилучшие результаты достигаются при автоматической обработке снимков TerraSAR-X.

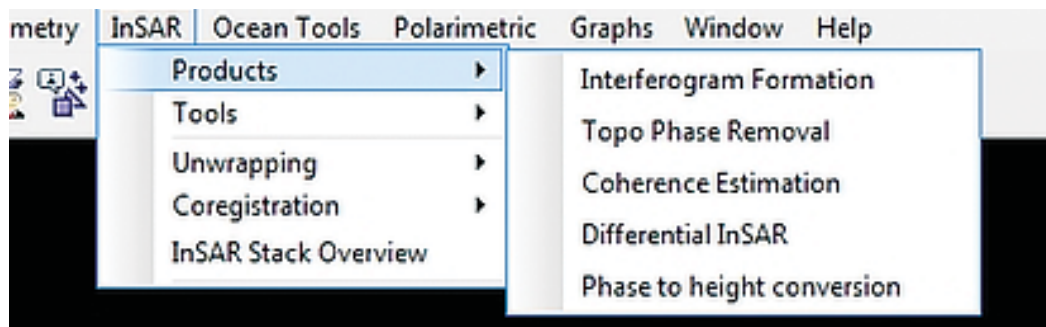


Рис. 3. Вкладка InSAR в NEST

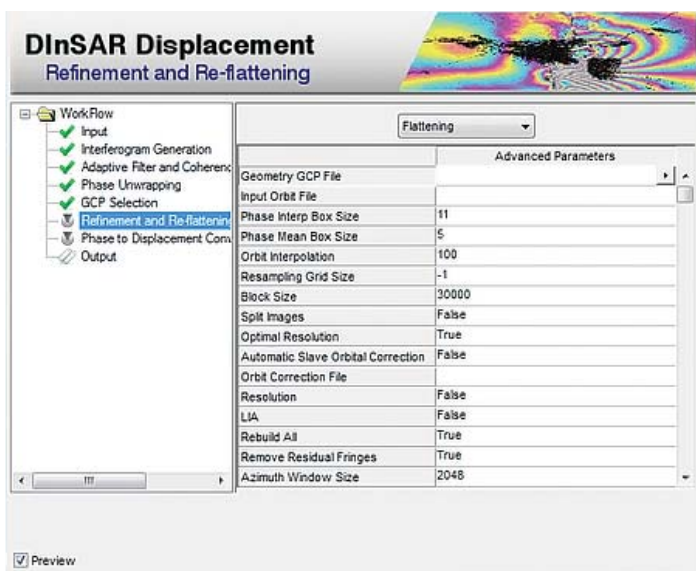


Рис. 4. Окно настроек коррекции орбиты (Flattening) в SARscape

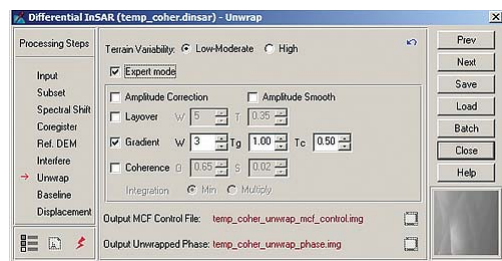


Рис. 5. Окно настройки развертки фазы в ERDAS Imagine

Настройки обработки интерферометрических пар в NEST довольно ограничены в части выполнения развертки фазы. Для остальных этапов обработки предусмотрено достаточное количество параметров, значения которых по умолчанию могут быть изменены пользователем (рис. 6).

В NEST, как и в большей части открытого ПО, до сих пор сохранилась возможность развертки фазы с помощью Snaphu, имеющей существ-

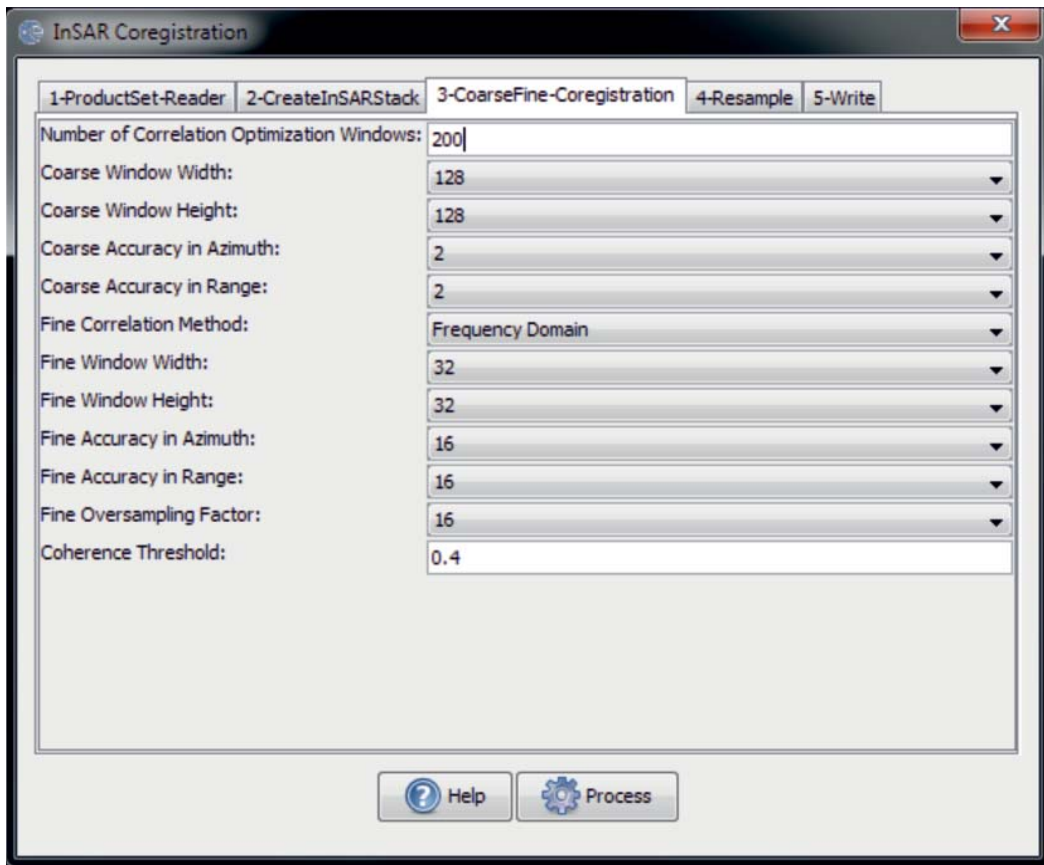


Рис. 6. Окно настройки параметров корегистрации в NEST

венно меньшие возможности по сравнению с SARscape и ERDAS Imagine для корректного выполнения развертки фазы. Развертка фазы в SARscape и ERDAS Imagine выполняется практически одинаково и значительно быстрее, чем в NEST.

Возможности визуализации результатов обработки в ERDAS Imagine Interferometry и ENVI SARscape довольно схожи, NEST существенно уступает в качестве визуализации картинки (рис. 7).

Таким образом, выбор ПО для выполнения интерферометрической обработки зависит от вида интерферометрической обработки,

уровня пользователя и исходных РЛИ. Существенным преимуществом ENVI SARscape является количество методов и реализации тонких настроек ручной обработки интерферометрических пар (табл. 1).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коберниченко В. Г., Сосновский А. В. Интерферометрическая обработка данных космической радиолокационной съемки высокого разрешения, Физика волновых процессов и радиотехнические системы, Том 15, №3, 2012, с. 75—83.

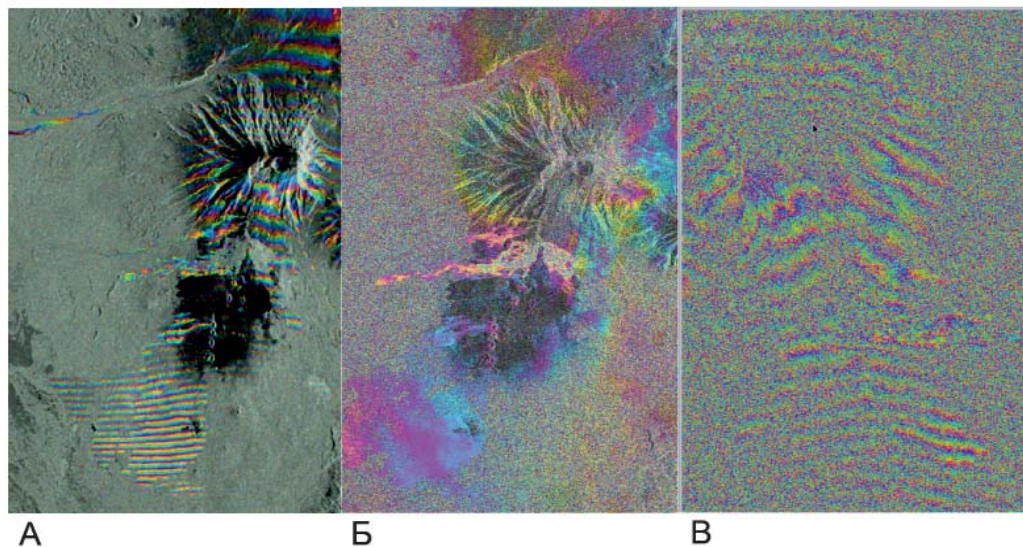


Рис. 7. Визуализация интерферограммы: А) ERDAS Imagine, Б) SARscape, В) NEST

Метод	SARscape	ERDAS Imagine Interferometry	NEST
Двухпроходная дифференциальная интерферометрия	да	да	да
Многопроходная интерферометрия	да	нет	да
Интерферометрия постоянных рассеивателей (PS)	да	нет	нет
Многопроходная интерферометрия малых базовых линий (SBas)	да	нет	нет
Технология поляризметрической интерферометрии	да	да	нет
Поддержка обработки РЛИ большинства имеющихся съемочных систем и всех форматов	да	да	Практически все доступны для просмотра, для обработки ограничения по режимам съемки

Табл. 1. Сравнительная таблица методов интерферометрической обработки, реализованных в SARscape, ERDAS Imagine Interferometry и NEST