

НОВЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ ГРУППИРОВКИ SARPELLA И ICEYE

Е.Н. Нафиева (НПК «Ракурс Проекты»)

В 2018 г. окончила географический факультет Пермского государственного национального исследовательского университета, бакалавр по программе «Картография и Геоинформатика». В 2020 г. окончила геодезический факультет Московского государственного университета геодезии и картографии, магистр по программе «Геодезия и дистанционное зондирование». С 2018 г. работает в АО НПК «Ракурс Проекты», в настоящее время — менеджер группы ДЗЗ.

И.В. Елизаветин (ВПК «НПО машиностроения»)

В 1984 г. окончил радиотехнический факультет Московского авиационного института (национального исследовательского университета) по специальности «радиотехника», специализация «радиолокация и радионавигация». После окончания института работает в АО «ВПК «НПО машиностроения», в настоящее время — заместитель начальника НИЦ «Алмаз». Кандидат технических наук.

А.Н. Пирогов (Фирма «Ракурс»)

В 2004 г. окончил географический факультет Московского педагогического государственного университета. Приглашенный преподаватель факультета Высшая школа бизнеса МГУ имени М.В. Ломоносова. Основатель проекта GISGeo. С 2008 г. работает в АО «Фирма «Ракурс», в настоящее время — руководитель группы маркетинга.

▼ Радиолокационная съемка

Для получения изображений земной поверхности используются датчики, работающие в различных диапазонах электромагнитного спектра, в том числе в СВЧ-диапазоне. К датчикам СВЧ-диапазона относятся пассивные — радиометры и активные — радиолокаторы (РЛС). По сравнению с оптическими и инфракрасными средствами наблюдения РЛС имеют следующие преимущества:

- независимость получения снимков от погодных условий и времени суток;

- возможность широкого обзора на больших дальностях при высокой разрешающей способности;

- гибкость управления и изменения параметров РЛС, позволяющая варьировать положение и размеры зоны обзора, разрешающую способность и

формы представления информации;

- возможность использования не только амплитудных, но и фазовых характеристик принимаемого сигнала, например, для интерферометрической и дифференциально-интерферометрической обработки с целью формирования рельефа цифровых карт местности и карт субсантиметровых смещений поверхности;

- возможность излучать и принимать отраженные от поверхности Земли сигналы с различными типами поляризации.

Все существующие и перспективные космические аппараты ДЗЗ в СВЧ-диапазоне используют в качестве спецаппаратуры радиолокационные станции с синтезированной апертурой антенны (РСА). Такие станции излучают зондирующие сигналы в импульсном режиме и осуществляют обзор

поверхности за счет перемещения носителя РЛС. Луч антенны при обзоре направлен перпендикулярно вектору скорости носителя. Отраженные от поверхности Земли сигналы от каждого импульса регистрируются в виде строк дальности в цифровом виде на магнитном носителе, либо непосредственно передаются на наземный приемный пункт. РСА являются когерентными датчиками, что подразумевает управление начальной фазой излучаемых импульсов. Основными характеристиками РСА, обуславливающими эффективность их практического применения, являются высокая разрешающая способность и большая ширина полосы обзора.

▼ Новые группировки Capella и ICEYE

Радиолокационные коммерческие системы в настоящее

Технические характеристики группировок Capella и ICEYE

Группировка	Capella	ICEYE
Количество действующих спутников	5	10
Планируемый состав группировки	36	18
Масса серийного спутника, кг	107	около 100
Дата первого запуска	Декабрь 2018 г.	Январь 2018 г.
Планируемая повторяемость съемки при полной группировке, час	1	3
Диапазон частот, ГГц	9,4–9,9 (X-диапазон)	9,65 (X-диапазон)
Поляризация изображений	HH	VV
Режим съемки	Spotlight, Sliding Spotlight, Stripmap	SpotLight, SpotLight Hight, StripMap, StripMap Hight
Размер сцены*, км	5x5 5x10 5x20	5x5 30x50
Разрешение по азимуту, м	0,5 1,0 1,2	0,25 0,5 2,5–3,0
Разрешение по наклонной дальности, м	0,3 0,5 0,75	0,5–1,5
Диапазон углов обзора, °	25–40	15–35
Поддержка в PHOTOMOD Radar	Полная	Полная

* В зависимости от режима съемки.

время созданы и успешно эксплуатируются рядом стран. Наиболее активно используются данные, получаемые действующими космическими аппаратами: TerraSAR-X (оператор Airbus D&S, Франция), KOMPSAT-5 (SI Imaging Services, Южная Корея), COSMO-SkyMed (Italian Space Agency, Италия), Sentinel-1A и Sentinel-1B (European Space Agency, Европейский Союз). Данные последних двух аппаратов распространяются бесплатно.

Последние 10 лет характеризуются активным развитием стартапов в сфере космических технологий. При этом это не только компании, нацеленные на анализ данных, но и технические команды, занимающиеся «спутникостроением». Целый ряд факторов способствует появлению таких стартапов: это и миниатюризация космических аппаратов, что делает их производство существенно дешевле, упрощение системы лицензирования, появление новых

операторов коммерческих запусков. Именно к таким молодым инноваторам и относятся компании Capella Space и ICEYE.

Компания Capella Space основана в 2016 г. в штате Калифорния (США). Компания разрабатывает радиолокационные космические аппараты и предоставляет изображения Земли со сверхвысоким разрешением. В ее планах — создание группировки малых спутников PCA. Первый тестовый аппарат Capella запустила в декабре 2018 г., а в настоящее время уже имеет контракты с Министерством обороны и ВВС США.

Компания ICEYE была основана в 2014 г. как дочернее предприятие радиотехнологического факультета Университета Аалто и базируется в городе Эспоо (Финляндия). Исходя из названия компании («Ледяной глаз»), становится понятно, что основное предназначение группировки — мониторинг состояния льдов. Первый аппа-

рат компании ICEYE-X1 был запущен 12 января 2018 г.

В настоящее время обе группировки уже действуют и, несмотря на разные бизнес-схемы, предоставляют данные потребителям по всему миру. АО «Ракурс» является официальным дилером компании Capella Space на территории России, Белоруссии, Армении и Молдавии.

Технические характеристики группировок Capella и ICEYE приведены в таблице.

▼ Обработка радиолокационных данных

Обработка PCA-данных включает в себя последовательность процессов и операций при формировании информационной продукции разного уровня. Операции с файлами включают в себя экспорт/импорт данных, поддержку внутренних форматов данных. К процессам улучшения изображений относятся: выделение контуров, подавление спекл-шума, вейвлет-филь-

трация. Процессы анализа изображений состоят из: текстурного анализа, когерентного совмещения радиолокационной информации и выявления изменений когерентности (мониторинга изменений свойств земной поверхности), поляриметрии. Радарграмметрические операции: геокодирование, ин-

терферометрия, стереограмметрия. К тематическим процессам обработки относятся задачи по распознаванию нефтяных пятен, обнаружению кораблей, анализу морского волнения.

АО «Ракурс» имеет большой опыт разработки специализированных решений для обработки радиолокационных данных.

Программный комплекс PHOTO-MOD Radar предлагает пользователям полный набор инструментов для получения конечной продукции на основе данных РСА. Программа поддерживает обработку данных TerraSAR-X, KOMPSAT-5, Sentinel, ICEYE, Capella, ERS-1/2, RADARSAT-1/2, ENVISAT и других. PHOTOMOD Radar построен по модульному принципу и может включать набор компонентов по выбору пользователя.

➤ Результаты тестирования данных группировок Capella и ICEYE

Специалисты компании «Ракурс» провели оценку радиометрического качества, разрешения и точности привязки снимков по метаданным.

Capella. В качестве тестовых данных были использованы снимки с космического аппарата Capella-2 (Sequoia) за 29.01.2021 (рис. 1, 2). Уровень обработки — SLC (single look complex), режим — Sliding Spotlight (разрешение 0,5 м по дальности, 1 м по азимуту), поляризация — HH.



Рис. 1

Отображение фрагмента геокодированного снимка Capella на подложке Google Earth

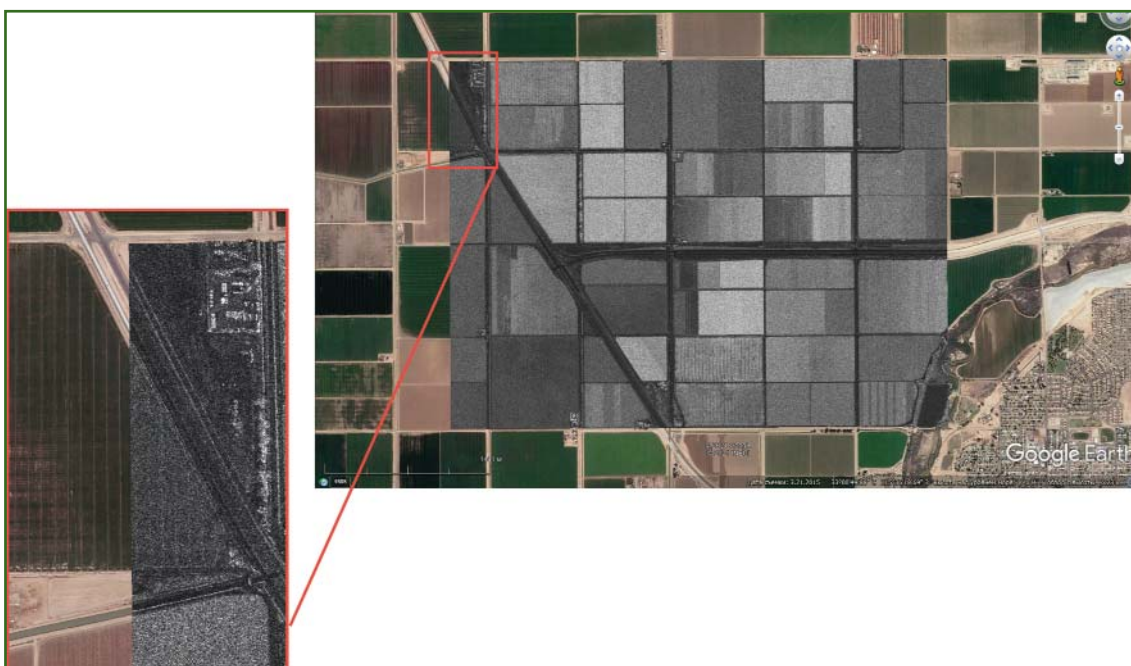


Рис. 2

Отображение фрагмента геокодированного снимка Capella на подложке Google Earth (увеличенный фрагмент — слева)

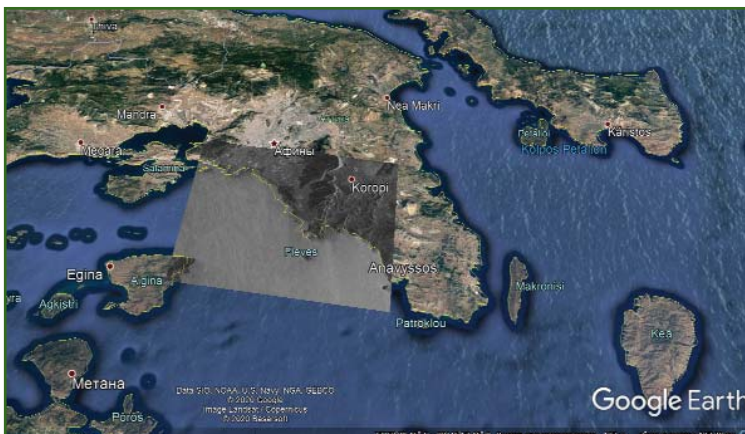


Рис. 3
Отображение снимка ICEYE на подложке Google Earth

щее время на орбите, позволяет проводить интерферометрическую обработку данных для получения информации о смещениях земной поверхности.

Появление на коммерческом рынке доступных данных группировок Capella и ICEYE, безусловно, будет способствовать популярности радиолокационных данных дистанционного зондирования Земли. Обсуждение вопросов использования радиолокационных данных состоится на Совместной Международной научно-техниче-

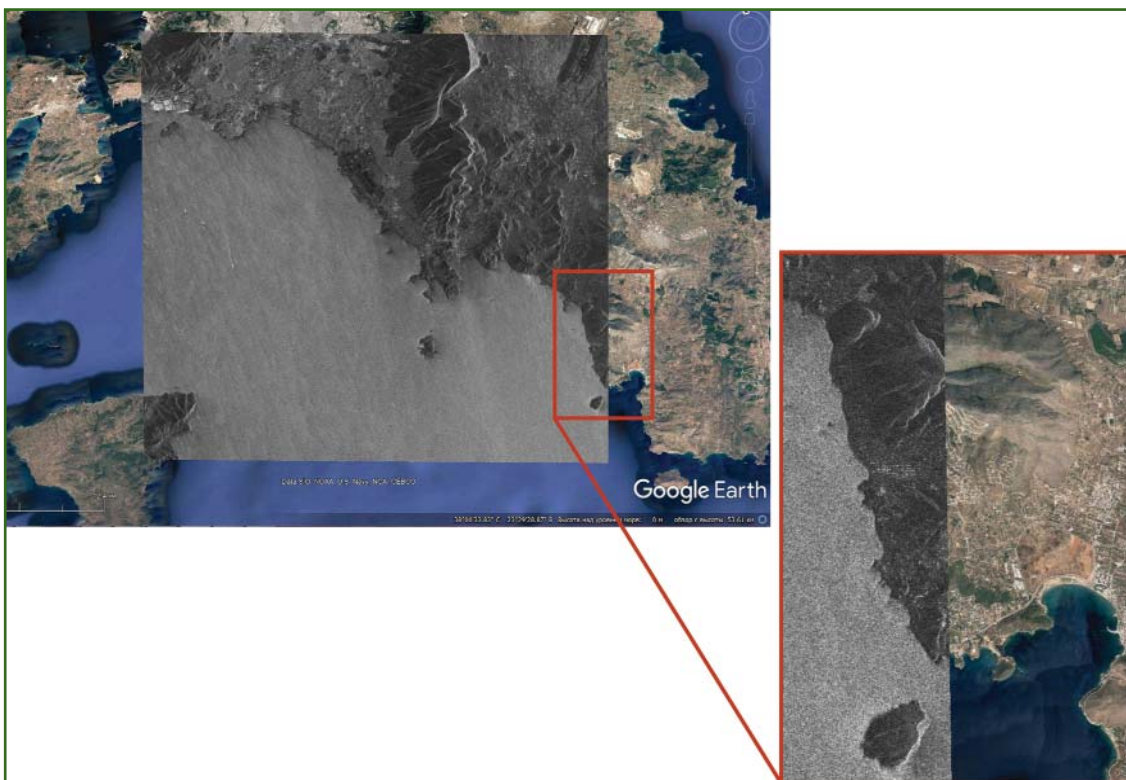


Рис. 4
Отображение снимка ICEYE на подложке Google Earth (увеличенный фрагмент — справа)

ICEYE. В качестве тестовых данных был использован снимок с космического аппарата ICEYE-X4 за 07.04.2020 на территорию Греции (рис. 3, 4). Уровень обработки — SLC (single look complex), режим — StripMap (наземное разрешение 3x3 м, размер сцены 30x50 км), поляризация — VV. Тестовые данные можно скачать с официального сайта компании ICEYE.

Проведенные тестовые исследования показали соответствие заявляемым техническим характеристикам снимков по разрешению и точности привязки по азимуту и наклонной дальности. Особо обращает на себя внимание радиометрическое качество снимков Capella, приближающее их к оптическим за счет подавления спеклшумов. Количество аппаратов ICEYE, находящихся в настоя-

щей конференции «Цифровая реальность: космические и пространственные данные, технологии обработки», которая пройдет 6–9 сентября 2021 г. в Иркутске.

АО «Ракурс» благодарит компании Capella Space и ICEYE за предоставленные тестовые данные и содействие по поддержке форматов данных в ПО PHOTO-MOD Radar.