

Л. Пиетранера (Luca Pietranera, e-GEOS; Италия)

Окончил Римский университет La Sapienza по специальности «астрофизика и экспериментальная космология». С 2007 г. работает в компании e-GEOS, в настоящее время — руководитель направления «Инновационные продукты и техническая поддержка группировки радарных спутников COSMO-SkyMed».

Л. Чезарано (Lucio Cesarano, e-GEOS; Италия)

Окончил Неаполитанский университет им. Фридриха II по специальности «аэрокосмические технологии». С 2009 г. работает в компании e-GEOS, направление «Инновационные продукты и техническая поддержка группировки радарных спутников COSMO-SkyMed».

Ф. Бритти (Filippo Britti, e-GEOS; Италия)

Окончил Римский университет La Sapienza по специальности «Д33». С 2007 г. работает в компании e-GEOS, в настоящее время — технический руководитель ряда проектов направления «Инновационные продукты и техническая поддержка группировки радарных спутников COSMO-SkyMed».

В. Джентиле (Vittorio Gentile, e-GEOS; Италия)

Окончил Неаполитанский университет Parthenope по специальности «океанология». С 2009 г. работает в компании e-GEOS, направление «Инновационные продукты и техническая поддержка группировки радарных спутников COSMO-SkyMed». Имеет докторскую степень.

Ю.И. Кантемиров (Компания «Совзонд»)

В 2004 г. окончил РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. После окончания университета работал младшим научным сотрудником лаборатории космической информации для целей газовой промышленности в ООО «Газпром ВНИИГАЗ». С 2010 г. работает в компании «Совзонд» ведущим специалистом отдела программного обеспечения.

Новый продукт МТС, рассчитываемый по данным COSMO-SkyMed

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОДУКТЕ МТС

Компания e-GEOS (Италия) — оператор группировки радарных спутников COSMO-SkyMed-1–4 — представляет новый тематический продукт МТС (Multi-temporal coherence), являющийся одним из уровней обработки, в котором пользователю могут быть поставлены радарные снимки COSMO-SkyMed.

Продукт МТС представляет собой мультивременной цветной композит, составленный из амплитуд двух радарных снимков COSMO-SkyMed, снятых в одинаковой геометрии съемки, и из когерентности фаз этих снимков (рис. 1). Данный продукт может быть сгенерирован пользователем при условии наличия

специализированного программного обеспечения, позволяющего корегистрировать радарные снимки и рассчитывать когерентность (например, это можно сделать в программном комплексе SARscape). Либо, учитывая чисто технический характер создания этого продукта, его генерацию можно просто запросить при заказе интерферометрических пар COSMO-SkyMed, доплатив примерно 10% от стоимости каждой интерферометрической пары снимков, по которой создается данный композит.

Для иллюстрации дешифровочных характеристик продукта МТС проведем сравнение с одиночным оптическим и одиночным радарным снимком (рис. 2–4).

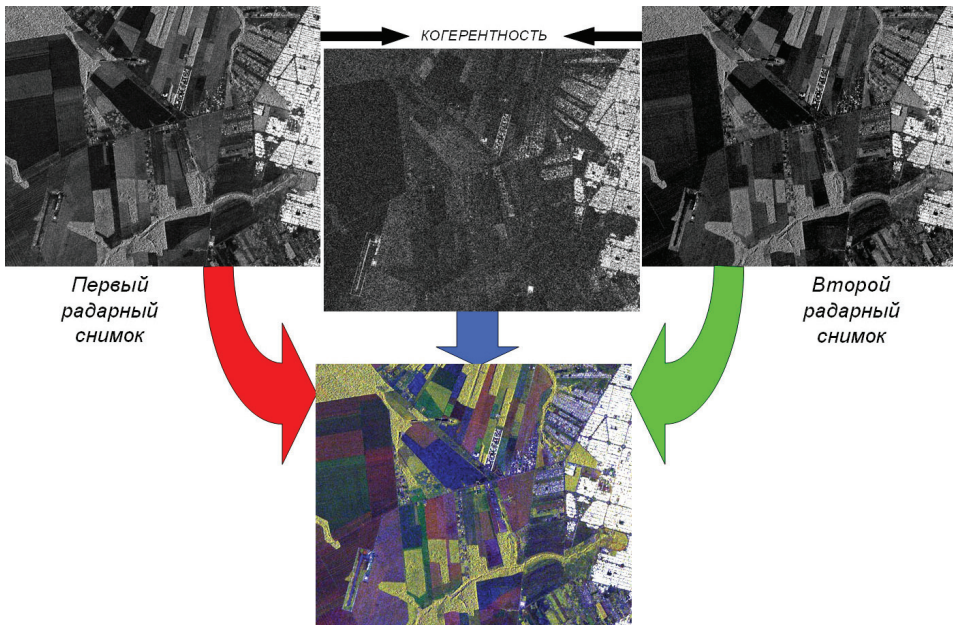


Рис. 1. Схема создания цветного мультитременного радарного композита МТС

Как видно из этих рисунков, по своим дешифровочным характеристикам композит МТС значительно превосходит одиночный амплитудный радарный снимок и как минимум сравним с оптическим мультиспектральным снимком (а учитывая мультитременную составляющую, композит МТС даже более информа-

тивен, чем оптическое мультиспектральное изображение). Данный композит может интерпретироваться не просто как цветное космическое изображение, но и как тематическая карта, на которой каждый цвет или оттенок цвета может быть проинтерпретирован в соответствии с рекомендациями, приведенными ниже.



Рис. 2. Одиночный оптический снимок сельскохозяйственного района вблизи г. Синоп (Бразилия)

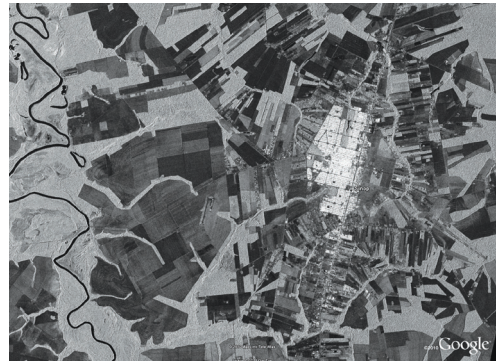


Рис. 3. Одиночный радарный снимок сельскохозяйственного района вблизи г. Синоп (Бразилия)

КАК ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ ЦВЕТА НА КОМПЗИТЕ МТС?

Мультивременной радарный цветной RGB-композит МТС состоит из следующих каналов:

- красный — амплитуда первого радарного снимка;
- зеленый — амплитуда второго радарного снимка;
- синий — когерентность фаз этих двух снимков.

Исходя из этого, интерпретировать оттенки цвета на этом композите необходимо в соответствии с табл. 1.

Как видно из таблицы, композит позволяет:

- классифицировать типы отражающей поверхности (вода, гладкое поле, вспаханное поле, невозделываемое поле с растительностью, лес, участки активного роста сельхозкультур, участки уборки урожая, здания и сооружения, объекты транспортной инфраструктуры и т. д.);
- наблюдать изменения, произошедшие за период



Рис. 4. Цветной композит МТС на сельскохозяйственный район вблизи г. Синоп (Бразилия), составленный из двух амплитудных радарных изображений и из когерентности фаз этих двух радарных изображений

Таблица 1



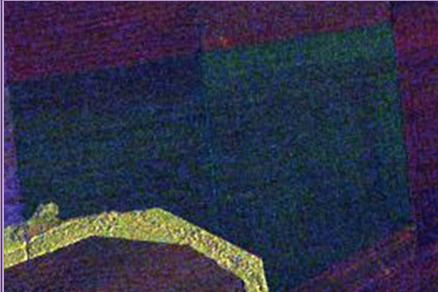



Интерпретация цветов на композите МТС

Относительная выраженность каналов RGB-композита	Итоговый цвет на композите МТС	Визуализация на композите МТС	Тип объекта
<p>Сильная амплитуда обоих снимков, низкая когерентность</p>	Желтый		<p>Растительность, незначительно выросшая за период между съемками, т.е. естественная природная растительность.</p> <p>В случае наличия текстуры (рисунок слева) это лес.</p> <p>Растительность, незначительно выросшая за период между съемками, т.е. естественная природная растительность.</p> <p>В случае отсутствия текстуры (по центру рисунка слева) это сорняк (заросшее невозделываемое поле)</p>

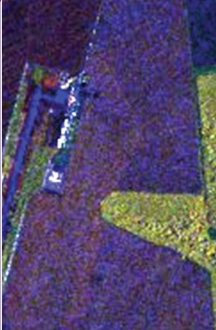
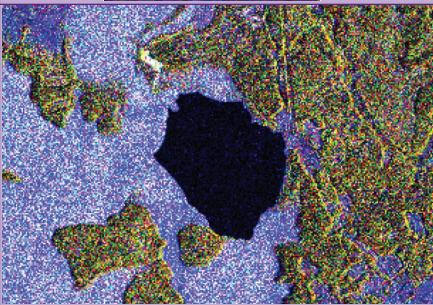
>Продолжение

<p>  </p> <p>Сильная амплитуда обоих снимков, высокая когерентность</p>	<p>Белый</p>		<p>Крупные здания и сооружения, имеющие углы, объекты из бетона и металла, столбы, опоры ЛЭП, железные дороги.</p> <p>Наиболее интенсивный белый цвет в случае, если вышеперечисленные объекты ориентированы параллельно азимуту радарной съемки (т.е. перпендикулярно направлению дальности)</p>
<p>  </p> <p>Слабая амплитуда обоих снимков, высокая когерентность</p>	<p>Синий цвет с белым цветом на стороне объекта, ориентированной навстречу лучу радара</p>		<p>Небольшие сооружения с плоской крышей (в данном случае сельские домики)</p>
	<p>Темно-синий</p>		<p>Плоские поверхности (низкая амплитуда) с высокой когерентностью (из-за отсутствия растительности на этих поверхностях).</p> <p>Голая плоская земля без изменений за период между радарными съемками.</p> <p>Чем темнее оттенок синего, тем более плоская (либо влажная) поверхность</p>
			<p>Асфальтированные дороги, взлетно-посадочные полосы (рисунок слева) и т.п.</p> <p>Чем более ярко выраженный синий цвет, тем более ровное покрытие дороги</p>

>Продолжение

 <p>Амплитуда второго снимка больше, чем амплитуда первого, при очень низкой когерентности</p>	<p>Зеленый</p> <p>(сильные амплитуды у обоих снимков, при этом амплитуда второго снимка выше)</p>		<p>Быстрорастущая растительность.</p> <p>Участки активно растущих сельскохозяйственных культур.</p>
	<p>Темно-зеленый</p> <p>(слабые амплитуды у обоих снимков, при этом амплитуда второго снимка выше)</p>		<p>Участки голой земли, вспаханные за период между радарными съемками.</p>
 <p>Амплитуда первого снимка больше, чем амплитуда второго, при очень низкой когерентности</p>	<p>Красный</p>		<p>Поля, с которых за период между съемками был собран урожай.</p> <p>Хорошо отражающие объекты, присутствовавшие на первом снимке и пропавшие на втором.</p>
	<p>Темно-красный</p> <p>(слабые амплитуды у обоих снимков, при этом амплитуда первого снимка выше)</p>		<p>Голая земля, увеличившая влагосодержание за период между съемками (например, после дождя или полива)</p>

>Продолжение

Все три цвета равномерно средневыражены	Темные оттенки красного, зеленого и синего		Шероховатое поле без растительности, влаго-содержание которого незначительно изменилось за период между съемками.
Темно-серый или черный цвет	Практически полное отсутствие всех оттенков		Водная поверхность (например, озеро по центру рисунка слева)

между съемками (увеличение—уменьшение влажности земной поверхности, вспахивание земли, появление—исчезновение объектов, антропогенные изменения, вызванные активным землепользованием, вырубки в лесу, замерзание водных поверхностей и т. д.).

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ ПОДХОД К МОНИТОРИНГУ

Таким образом, предлагаемый подход к мониторингу с использованием радарного композита МТС состоит в следующем:

1. Для тематического анализа состояния территории на конкретную дату необходимо иметь интерферометрическую пару снимков с как можно меньшей временной разницей между ними (например, 1 или 4 суток, но не более 16 суток).
2. Из этой интерферометрической пары составляется цветной радарный композит МТС, который можно рассматривать как тематическую карту состояния территории на данный момент.
3. Через промежуток времени, определяемый требуемой частотой мониторинга, выполняется съемка еще одной интерферометрической пары, по которой также рассчитывается композит МТС.

4. Изменения выявляются на основании сопоставления двух композитов МТС (т.е. двух тематических карт).

Возможно, конечно, выявлять изменения и по одному композиту МТС, если между снимками, из которых он составлен, присутствует значительный временной промежуток, но при этом следует иметь в виду, что качество и информативность когерентности сильно уменьшаются с увеличением временного промежутка между съемками.

И если в случае композита МТС, составленного из радарных снимков с разницей в 1 или 4 суток, когерентность несет как минимум треть полезной информации, содержащейся в композите, то в случае временного промежутка в 16 и более суток информативный вклад когерентности в композит значительно падает.

Сами радарные космические снимки COSMO-SkyMed и композит МТС, рассчитываемый на их основе, возможно заказать в компании «Совзонд», являющейся официальным дистрибьютором компании e-GEOS (Италия) — оператора спутников COSMO-SkyMed.