

КОСМИЧЕСКО РАЗУЗНАВАНЕ. СЪСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВИ ЗА РАЗВИТИЕ НА КОСМИЧЕСКИТЕ РАДИОЛОКАТОРИ

Петър Стоянов, Георги Кипров, Венцислав Марков, Михаил Михов

*Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
е – mail: pstoyanov@abv.bg*

Key words: *satellite systems, optical and radiolocation reconnaissance, space radiolocation with synthetic aperture*

Abstract: The article describes the condition of the contemporary space radars. The features of seven radio locating spacecrafts currently into orbit (3 civic and 4 military) are presented. Special attention is given to the perspectives for development of space systems with Synthetic Aperture Radars (SAR). The prospective satellites, developed by ten countries for civil and military purposes, such as United States, Japan, Germany, Canada, Italy, United Kingdom, India, Israel, China and Russia, are represented. As a conclusion, the common features of perspective satellites with space radars are defined

1. Въведение

Преобладаващото болшинство от системите за дистанционно сондиране на земята, които се експлоатират сега в света, са системите за оптикоелектронно наблюдение. Обаче водещите космически държави се стремят в близките години да въведат в състава на националните си космически системи спътници, снабдени с радиолокатори със синтезирана апертура (РСА). Това е така, защото радиолокационните системи за наблюдение в сравнение с оптическите системи имат редица неоспорими преимущества:

- независимост от метеорологичните условия и времето на денонощието;
- съчетание от широка полоса на големи разстояния и висока разрешаваща способност;
- многорежимност и гъвкавост на управление работата на РСА, позволяващи бързо изменение на положението и размера на зоната на обзора, разрешаващата способност и формата за представяне на информацията;
- висока оперативност на получаване на данните от сондирането, близка до реалния мащаб от време.

Радиолокационната информация е незаменяема при екстремни ситуации, решаването на задачи в полярните райони, в картографията, лесовъдството, търсенето на нефт и др.

Изборът на диапазони на космическия апарат позволява решаването на многопланови задачи. Снимането в сантиметровия Х - диапазон (дължина на вълната – 3 см) дава високодетаилни радиолокационни изображения с разрешение, близко по качество на изображенията от оптическите системи. Системите от дециметровия L - диапазон (дължина на вълната – 23 см) позволява да се води наблюдение през листата на дърветата. И накрая РСА от Р - диапазона (дължина на вълната – 70 см) осигурява сондиране под слой суха почва.

1. Съвременни космически радиолокатори

На сегашния етап само страни с високо развита икономика притежават спътници с РСА с голяма разрешаваща способност. В света през 2006 г. в експлоатация са били седем радиолокационни космически апарата (3 граждански и 4 военни). Те са от състава на четири космически системи – на САЩ, Канада, Япония и страните на Европа (табл. 1). Тези сателити са спътника Radarsat-1 от космическото агентство на Канада, гражданските Envisat-1 и ERS-2 на Европейското космическо агентство, три спътника Lacrosse от разузнавателната система на САЩ и спътник IGS-R1 от разузнавателната система на Япония.

Всички страни, притежаващи космически апарати с радиолокатори със синтезирана апертура планират по-нататъшно развитие и усъвършенстване на тези системи. Изключение прави Европейското космическо агентство, което след въвеждане в експлоатация на най-скъпо струващия в неговата история 8-тонен спътник Envisat-1 с радиолокатор в С-диапазон се отказа от по-нататъшно създаване на аналогични космически апарати. Затова спътници с РСА ще се запускат по проекти на европейските страни, а тяхната експлоатация в интерес на Европа ще се координира от различни програми (например чрез програмата GMES, Европейския център за космическо разузнаване и др.).

Таблица 1. Характеристики на действащите КА с РСА

наименование (оператор)	дата на запускане	носител/ маса на КА, t	стойност на КА/системата	разрешаваща способност, m	Характер на използване
Radarsat-1 (RS)	04.11.1995	Delta-2/2.7	642млн\$/-	8-100	оперативен
ERS-2 (EKA)	21.04.1995	Ariane 4/2.5	650млн\$/1.1мрд\$	25-30	ограничено
Envisat-1 (EKA)	01.03.2002	Ariane 5/8.2	872млн\$/2.5мрд\$	30-150	оперативен
Lacrosse (NRO) USA-69 USA-133 USA-152	08.03.1991 24.10.1997 17.08.2000	Titan 4/16	>600 млн\$/-	<1	оперативни и резервен-(69)
IGS-R1(CSICE)	28.03.2003	H-2A1.2	416млн\$/2.2мрд\$	1-3	оперативен

Руски спътници с РСА с високо разрешение в орбита няма от 1991г. след прекратяване на работата по космически апарат "Алмаз-1". Спътниците от серията "Океан", запускани сега с името "Сич", са оборудвани с РЛС със страничен обзор, имат разрешаваща способност повече от 1 km и не се отнасят към тази категория. Обаче, по мнение на руските специалисти, в близките години ситуацията в света трябва да се промени.

2. Перспективи за развитие на космическите системи с радиолокатори със синтезирана апертура

Операторите от осем страни, осъществяващи космическа дейност (Япония, Германия, Канада, Италия, Великобритания, Индия, Израел и Китай) планират да изведат в орбита 10-14 космически апарата с РСА за периода 2006-2007г. (табл. 2). Перспективните спътници са както с гражданско, така и с военно предназначение, а някои от тях се разработват като проекти с двойно предназначение.

Таблица 2. Основни перспективни системи с РСА

Държава	Граждански КА с РСА /година на запускане	Военни КА с РСА /година на запускане
САЩ	Част от ресурса на Radarsat 2/2005	FIA/2008, SBR/20012
Канада	Radarsat 2/2005, Radarsat 3	
Япония	ALOS/2005	IGS-R2/2006
Германия	Infoterra-X/2006, Infoterra-X2	SAR-Lupe/5 КА 2005-2007
Великобритания	Infoterra-L/2008	
Италия	COSMO/4 КА след 2006	с двойно предназначение
Индия	RISAT/2006	
Китай	GSMS/2007	
Израел	ТесSAR/2006	с двойно предназначение
Русия	Аркон-2, Кондор-Э, Монитор-Р, Стрелка	
Русия, Украйна	Сич-1М/2004	

В САЩ се работи по два военни радиолокационни проекта. Националното разузнавателно управление (NRO) финансира разработката на космически апарати за разузнаване с РСА по програма FIA. След 2008 г. те трябва да заменят сега експлоатираните спътници Lacrosse. От друга страна министерството на ВВС от 2004 г. е започнало етап конкурсно идейно проектиране на многоспътникова система за глобално оперативно разузнаване на подвижни цели SBR (Space Based Radar). Според правилата на конкурса през 2007 г. ще бъде определена компанията – победител, която до 2012 г. ще построи и изведе в орбита първия спътник от системата SBR. Ориентираната стойност на разработката на системата в предстоящите пет години е 4 милиарда долара.

Съединените Щати не разполагат с граждански спътници с РСА, тъй като по силата на междуведомствено споразумение получават 15% от снимките на космически апарат Radarsat 1 в замяна на извеждането на спътника в орбита с американска ракета. Реално, за периода 1996 – 2003 г., в интерес на САЩ 43% от снимките са извършени със средствата на Radarsat 1.

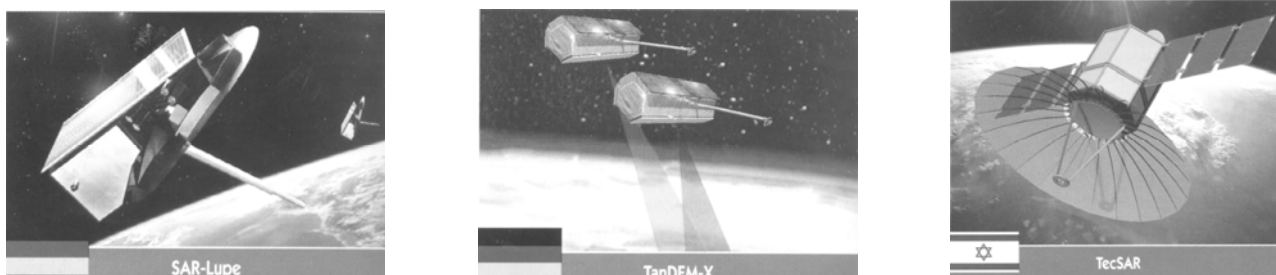
Канада, стремейки се да съхрани лидерството си в областта на пазарните радиолокационните снимки, планира да изведе в орбита новия спътник Radarsat 2 с РСА с по-висока разрешаваща способност (3m вместо 8m) и поляризационни режими на снимане. За първи път на граждански спътник ще бъде реализиран режим на селекция на движещи се цели. В екстремни случаи снимка на кой и да е обект може да бъде направена 4-12 часа след постъпване на заявка от клиента.



Фиг. 1. Спътници Radarsat 2, ALOS и IGS-R

Космическото агентство на Япония JAXA планира да изведе в орбита многоцелеви граждански космически апарат ALOS с PCA в L- диапазон и с разрешаваща способност 10-20 метра. Спътникът ще предава снимачната информация по каналите за междуспътникова връзка и непосредствено на малки приемни станции. Правителственият кабинет обяви плановете за по-нататъшно развитие на националната система за космическо разузнаване MIRS, в състава на която след запускане на нови спътници през 2006 г. ще влизат два спътника IGS-R с PCA и два спътника IGS-O с оптикоелектронна апаратура.

Германия след 2005 г. започва извеждането в орбита на пет малки спътника за космическо разузнаване SAR-Lupe с PCA в X- диапазон. Планира се, с помощта на новата система, да се осъществява денонощно оперативно разузнаване на кой и да е район от Земята с време за реакция не повече от 36 часа (от заявката до получаването на снимката) и 12 часа (от заснемането до приемането на снимката) при максимална разрешаваща способност 0.5 метра. Съгласно междуправителствено споразумение данните от спътници SAR-Lupe ще бъдат използвани от Франция, Италия и други страни от Европа. Космическото агентство на Германия DLR и компания EADS Astrium съвместно финансират проект за граждански космически апарат TerraSAR-X с PCA в X-диапазона с висока разрешаваща способност (до 1 m), който ще бъде изведен в орбита в края на 2006 г. Агентството DLR разглежда план за запускане на втори аналогичен космически апарат TanDEM-X за снимки в режим на тандемен полет на два спътника.



Фиг. 2. Спътници SAR-Lupe, TanDEM-X и TerraSAR-X

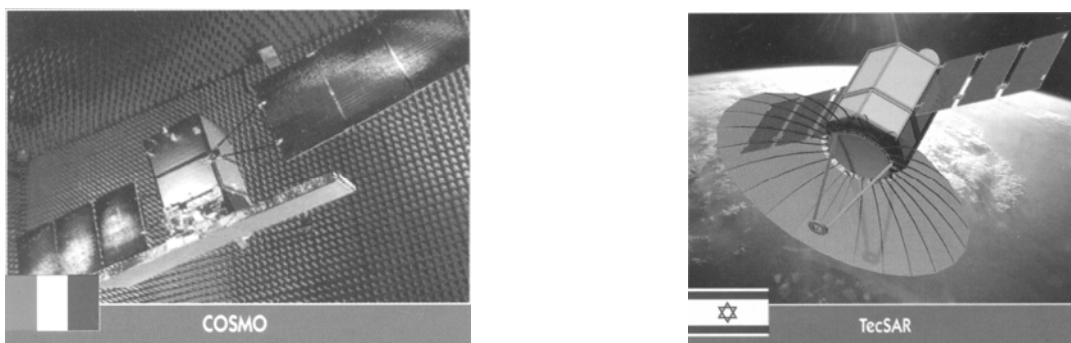
Във Великобритания водещ разработчик на космически радиолокатори е компанията Astrium Ltd, която планира през 2008 г. да изведе в орбита спътник TerraSAR-L с радиолокатор в L- диапазон. Права за търговско разпространение на снимките е получила британската компания InfoTerra Ltd. Особеност на този проект се явява крупно габаритната антена с размери 11x2.5 метра, която в сгънат вид се разполага под обтекателя на ракета от среден клас.

Космическото агентство на Италия разработва система с двойно предназначение, състояща се от четири космически апарата COSMO с радиолокатори в X- диапазон с висока разрешаваща способност (<1m). Министерството на отбраната инвестира в създаването на системата около 150 млн. евро за обмен на 20% от ресурса на снимачната апаратура. Спътниците, чието извеждане в орбита се планира за след 2007 г., ще влезнат като елемент от френско – италианската система за разузнаване ORFEO. От френска страна в системата ще участват два спътника за оптично разузнаване Pleiades. След запускането на четирите космически апарата COSMO периода за повторно наблюдение на обектите ще бъде по-малко от 12 часа.

Космическото агентство на Индия ISRO финансира разработката на спътника RISAT с PCA в C-диапазон и планира да го изведе в орбита през 2006 г.. Този заявен срок обаче и нереален, тъй-като Индия няма опит в създаването на PCA с космическо базиране.

Китай едновременно разработва няколко проекта на космически апарата с PCA с висока разрешаваща способност. През 2007 г. е възможно запускането на спътници с оптическа и радиолокационна апаратура в L- диапазон, създавани от Китайската национална космическа администрация CNSA за контрол на извънредни ситуации. Маркетингът на тези системи, получили

наименованието Global Satellite Monitoring System, ще се осъществява от компанията Tuyouan Technologies. Срокове за разработка и детайлно описание на проектите отсъстват в литературата.



Фиг. 3. Спътници COSMO и TecSAR

В Израел корпорацията IAI разработва проект за мини спътник за разузнаване TecSAR с маса около 300 kg с РСА с висока разрешаваща способност. Първоначално се предполагаше спътника да бъде изведен на орбита през 2006-07 г., обаче заради аварията на космически апарат Ofeq-6 тези планове могат да бъдат преразгледани.

В последните години в Русия се разработват едновременно няколко проекта на спътници с РСА с висока разрешаваща способност. В НПО на машиностроенето (град Реутов) се разработва спътника "Кондор-Э" с РСА с висока разрешаваща способност в S- диапазон. Център Хруничев обяви плановете си за запускане на спътници от серията "Монитор-Р". Компанията "Газком" финансира перспективния проект "Стрелка" за космически мониторинг на обектите от нефтогазовия отрасъл. В състава на системата на стойност 400 млн. \$ ще влизат шест спътника, три от които с РСА. И накрая, НПО с името С. А. Лавочкин неотдавна обяви за разработката по поръчка на Космическото агентство на многоцелеви спътник "Аркон-2" с тричестотна РСА.

3. Заключение

Анализът на всички разгледани по-горе програми позволява да се формулират общите черти от облика на перспективните спътници с РСА:

- отказ от тежките космически платформи с комплексно полезно натоварване в полза на малките или мини платформи, вземане на мерки за снижаване на масата и стойността на системите;
- разработване на радиолокатори, работещи в един от трите най-разпространени честотни диапазони (L-, C-, или X-) със свръхширокопосленичен сигнал (ширина на спектъра до 300 MHz) и високо пространствено разрешение (до 0.5 m);
- повишаване на честотата и оперативността на снимките чрез създаването на многоспътникови системи (от два до пет космически апарата);
- осигуряване на възможност за снимки от двете страни на трасето на полета на космическия апарат чрез завъртане на антената или целия спътник;
- използване на активни фазирани антени решетки и нови технологии за високо информативни снимки в полярометрически (POL SAR) режим, в режим на селекция на движещи се цели (MTI), интерферометрически (InSAR) и стереометрически режими за построяване на цифрови модели на релефа на местността.

Новите технологии за обработка на радиолокационните изображения, появили се последните години (InSAR, MTI, стереоснимка), дават впечатляващи резултати при откриването на сантиметрово разместване на земни пластове – например пропадане на почвата в районите на подземно строителство, последствия от земетресения, свлачища и др. Освен това става възможно откриването на движещи се цели и налагането им върху детайлно изображение на местността, автоматично откриване измененията на наблюдаваните обекти и създаването на тримерни модели на релефа на местността.

Литература:

1. Гецов П., 2002, Космос, екология, сигурност, С., НБУ.
2. Новости космонавтики, кн. 1999-2005.
3. Пенев П., Р. Янчев, Ст. Каремов, Космосът във военното дело, С., Военно издателство, 2003.