



УНИВЕРЗИТЕТ  
У НОВОМ САДУ



ФАКУЛТЕТ  
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Југославија  
Деканат: 021 350-413; 021 450-810; Централa: 021 350-122  
Рачуноводство: 021 58-220; Студентска служба: 021 350-763  
Телефакс: 021 58-133; e-mail: ftndean@uns.ns.ac.yu



Сертификован  
систем  
квалитета



Студијски програм  
Геодезија и геоматика

## СЕМИНАРСКИ РАД

- Интегрисани системи премера –

**Тема: “TerraSar-X” систем за даљинску детекцију**

Студент: Астраханцев Степан  
Број индекса: o408  
Контакт: lifebystepan@rambler.ru

## Садржај:

1.) Сажетак.....	Страна 3
2.) Кључне речи.....	Страна 3
3.) Увод.....	Страна 4
4.) Историјски преглед.....	Страна 5
5.) “TerraSar-X” сателит основе.....	Страна 9
5.1 “TerraSar-X” свемирски сегмент.....	Страна 11
5.2 “TerraSar-X” земаљски сегмент.....	Страна 12
5.3 Поређење “TerraSar-X”, “RADARSAT-2” и “ALOS- PALSAR” .....	Страна 14
6.) Примена “TerraSar-X” сателита.....	Страна 15
6.1 Топографско и тематско мапирање.....	Страна 16
6.2 “TerraSar-X” мониторинг тропских шума.....	Страна 17
6.3 “TerraSar-X” мапирање поплава.....	Страна 19
7.) Закључак.....	Страна 20
8.) Литература.....	Страна 21

**1.) Кључне речи:** Даљинска детекција, подаци, сателит, сензор, мисија

## **2.) Резиме**

Даљинска детекција представља метод прикупљања информација путем система који нису у директном контакту са испитиваном појавом. Сателитски системи за даљинску детекцију су једни од најбржих и најефикаснијих начина за прикупљање података о површини Земље. Развијањем система као “SIR-C/X-SAR” платформе и “SRTM” мисије почиње снимање површине у три различите фреквенције коришћење три бенда за снимање земљине површине (L, C и X бенд). По угледу на ове пројекте развија се “TerraSar-X” систем који предмет овог рада и о њему ћемо највише говорити. Споменућемо његове режиме рада, његове основне карактеристике, примену у појединим областима. Упоредићемо га са сателитима који имају релативно сличне карактеристике као “TerraSar-X”.

### 3.) Увод

Савремено истраживање океана и земљине површине не могуће је замислити без информација добијених сателитском даљинском детекцијом. Током протекле деценије, велики број сателита опремљених научном апаратуром је послат у свемир, који раде у различитим дијапазонима електромагнетног спектра. Информације добијене од сателита користе се у научне сврхе, а поред тога имају и широку примену у комерцијалним и еколошким задацима.

По дефиницији, даљинска детекција представља науку и умеће прикупљања информација о објекту, површини или појави, већином на површини Земље, на основу информација добијених помоћу уређаја који нису у директном контакту са објектом, површином или појавом од интереса. Истраживање даљинском детекцијом омогућује прикупљање података на неприступачним и опасним подручјима, чиме замењује споре и скупе теренске методе прикупљања података.

Сателитско снимање подразумева снимање Земље или других планета са вештачких сателита. Сателит, као елемент даљинске детекције, састоји се од сензора који прикупља податке о Земљи и од возила, тзв. платформе, која носи сензор. Платформа треба да обезбеди систематско снимање. Правни кретања платформе морају бити унапред утврђени и просторно дефинисани. Дobar квалитет снимка подразумева високу стабилност платформе при кретању. Сателити имају фиксну путању кретања и раде аутоматизовано. Сателитске платформе по просторној резолуцији делимо на:

- ◆ Сателитске платформе ниске резолуције (30м или више)
- ◆ Сателитске платформе средње резолуције (од 2.5м до 30м)
- ◆ Сателитске платформе високе резолуције (од 1м до 2.5м)
- ◆ Сателитске платформе веома високе резолуције (1м или мање)

Укупна површина копна на Земљи је превелика, а резолуција снимака је висока, тако да су базе података сателитских снимака огромне, као и сам процес процесирања снимака којим из сирових података добијамо корисне снимке, захтева много времена. Зависно од типа сензора који се користи, на квалитет снимка могу утицати и временске прилике. Наравно код нове генерације сензора, временске прилике више не представљају препреку за кристално чист снимак. У овом раду ће се говорити о сателиту “TerraSar-X”.

## 4.) Историјски преглед

Претходници “TerraSar-X” платформе су “SIR-C/X-SAR” и “SRTM” мисија.

“SIR-C/X-SAR” је заједнички пројекат “NASA”, “DARA/DLR”(Немачка свемирска агенција) и “ASI” (Италијанска свемирска агенција), пројекат је послат у свемир свејс шатлом “Endeavour”. Циљ мисије је да забележи податке о томе како се наше глобално окружење мења. Овај пројекат користи високо софистицирани сензор за снимање Земљине површине, чији се подаци користе у различитим научним дисциплинама. Први експеримент који је послат у свемир “SAR (Seasat Synthetic Aperature Radar)”, и настављао се са “SIR-A” 1981. године и “SIR-B” 1984. године.

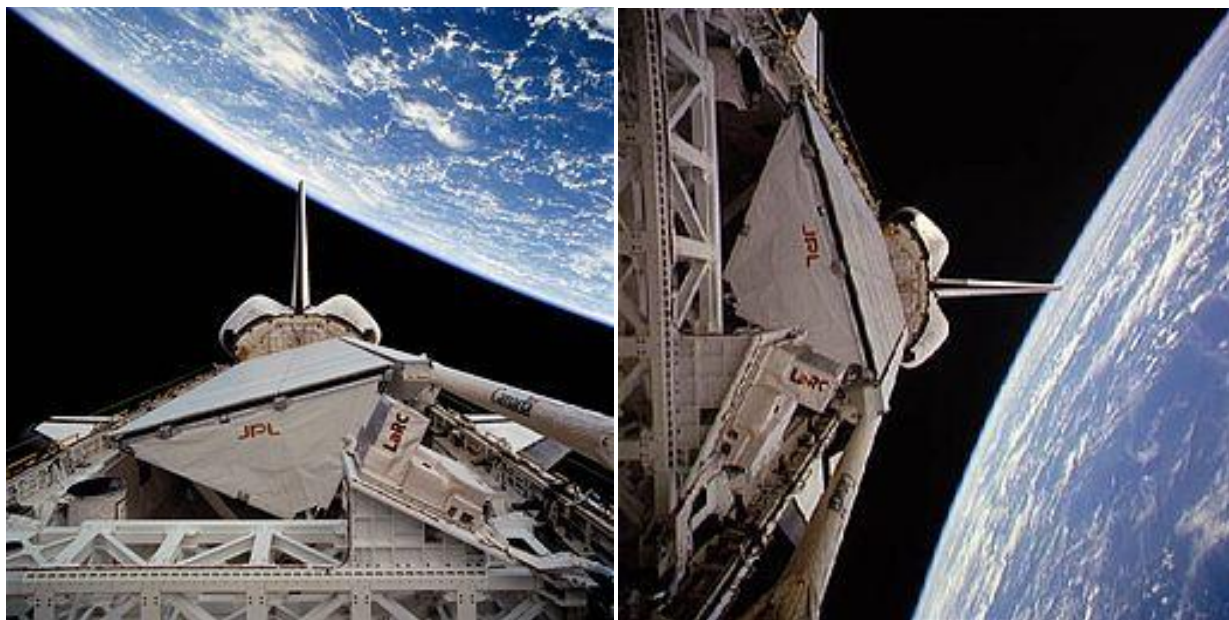
По угледу на овај пројекат Немачка започиње свој пројекат (Немачко радарско снимање), који је започет са експериментом “MRSE (Microwave Remote Sensing Experiment)”. Овај експеримент је послат у свемир свејс шатлом на прву мисију која је названа “SPACELAB”(свемирска лабораторија) 1983. године.

Ова мисија је такође позната под именом “SRL(Space Radar Laboratory)”.

Састоји се од радарске антене и повезаног хардверског система који је дизајниран да се компактно смести у свејс шатловом товарном простору. Укупна носивост је 11 000 kg, а сензор троши у просеку 3-9 kW енергије.

Две шатл мисије су спроведене, свака у трајању од 10 дана:

1. Лансирање “SRL-1 (STS-59)” мисије 9. априла 1994. године. Мисија је трајала до 20. априла исте године.
2. Лансирање “SRL-2 (STS-68)” мисије 30. септембра 1994. године. Мисија је трајала до 11. Октобра исте године. Током ове мисије, орбитер је био у стању да прелети скоро идентичну путању као током првог лета. Ово је омогућило да се прикупи велика количина информација на свим фреквенцијама које се употребљавају у поновљеним пролазима интерферометријске “SAR” обраде .



Слика 1. SRL-2(STS-68) у свемиру

SRL-1. (STS-59) у свемиру

“SIR-C/X-SAR” систем омогућава мерење Земљине површине на три различите фреквенције (L,C и X банд) и на различитим поларизацијама (HH,HV, VH, VV).

“SIR-C/X-SAR” систематске карактеристике су приказане у следећој табели:

PARAMETER	L-BAND	C-BAND	X-BAND
<b>Wavelength</b>	0.235 m	0.058 m	0.031 m
<b>Swath Width</b>	15 to 90 km	15 to 90 km	15 to 40 km
<b>Pulse Length</b>	33.8, 16.9, 8.5 us	33.8, 16.9, 8.5 us	40 us
<b>Data Rate</b>	90 Mbits/s	90 Mbits/s	45 Mbits/s
<b>Data Format</b>	8,4 bits/word	8,4 bits/word	8,4 bits/word
	(8,4) BFPQ	(8,4) BFPQ	(8,4) BFPQ

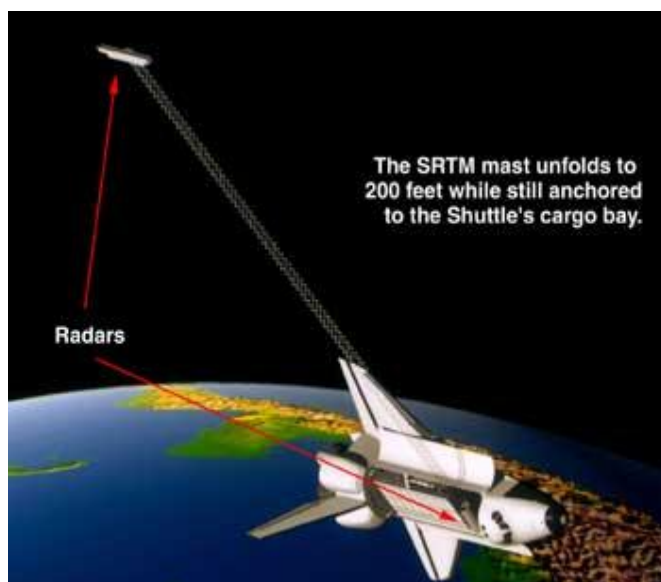
BFPQ = Block Floating Point Quantization, a form of data compression from 8bits per sample to 4 bits per sample.

Форма компресије података са 8 бита на 4 бита.

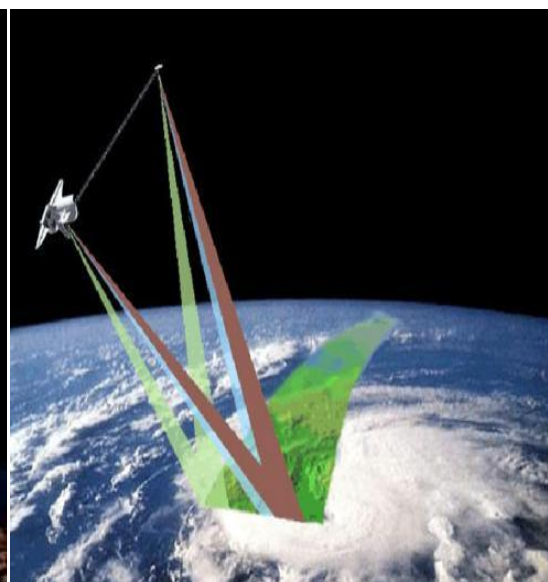
“SRTM” мисија је заједнички пројекат Националне просторно-обавештајне агенције ”NGA” и “NASA” агенције. Циљ овог пројекта је да произведе дигиталне топографске податке за 80% Земљине површине (све копнене површине између 60° северне и 56° јужне географске ширине). Инструменти који се користе током “SRTM” мисије су заправо развијени за претходно наведене мисије “SRL-1(STS59)” и “SRL-2(STS68)”. “SIR-C/X-SAR” је инструмент који је модификован после ове две мисије за потребе “SRTM” мисије.

11. фебруара 2000. године “SRTM” је послат у свемир на свејс шатлу “Endeavour” који летео на висини 233 km. “Endeavour” је обишао Земљу 16 пута сваког дана током једанаестодневне мисије, комплетирајући тако 176 орбита.

Током своје једанаестодневне мисије, “SRTM” је прикупио довољно података да добије најкомплетнију високу резолуцијску базу података Земљине топографије. За добијање одговарајуће топографске (висинске) тачности, “SRTM” платформа је опремљена са две радаске антене. Једна антена је смештена унутар шатла, а друга привремена антена у којој се налази ц бенд је удаљена 60 m на јарболу, који је продужен од корисничког дела онда када је свејс шатл већ био у свемиру.

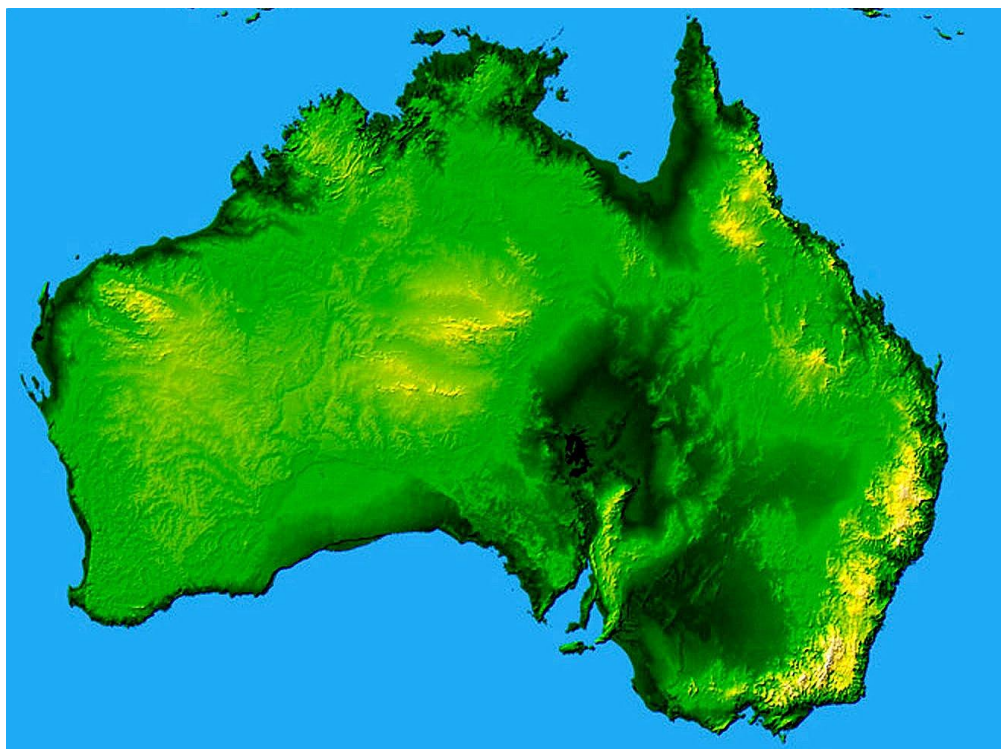


Слика 2. Приказ одвојене антене (аутоматизован поступак)



Слика 3. Принцип рада “SRTM” мисије

“NASA” је објавила “SRTM” податке везане за Аустралију, Нови Зеланд као и бројна Јужно пацифичка острва. Постоји око 1200 података ћелија у овом издању, свака ћелија врши мерења степен по степен географске ширине и дужине. Ове ћелије представљају коначан скуп необрађених података “SRTM” мисије, које су објављене.



Слика 4 “SRTM” приказ Аустралије

Постојале су поједине области у “SRTM” бази података, које су имале недостатак података. Празнине су се појављивале у областима у којима почетна обрада није задовољавала спецификације квалитета. Пошто су “SRTM” подаци једни од најчешће коришћених висинских извора података, Национална просторно-обавештајна агенција “NGA” је попунила празнине коришћењем интерполационих алгоритама у комбинацији са другим изворима висинских података. “SRTM Void Filled” је резултат додатног процесирања података.

“SIR-C/X-SAR” и “SRTM” су у великој допринели мери у развијању нове платформе. Платформа која поседује просторну резолуцију мању од 1 m, која без обзира на временске прилике снима територију несметано. Реч је о “TerrSar-X” сателиту чији сензори су у основи настали од модификације “SIR-C/X-SAR” система.



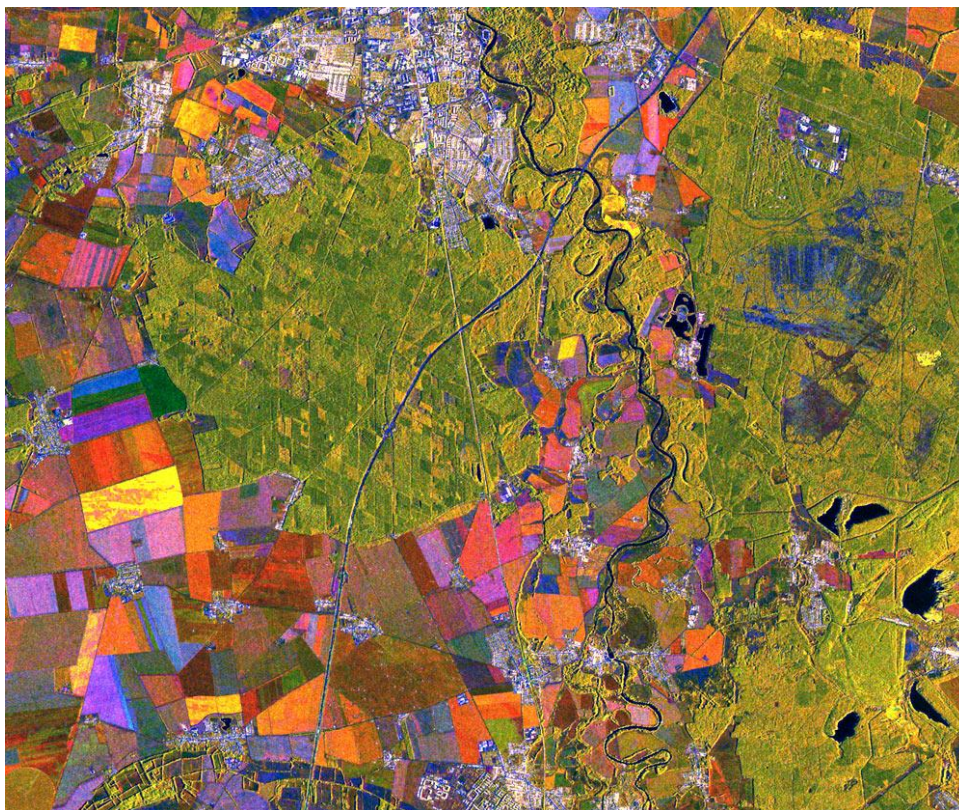
## 5.)“TerraSar-X” сателит основе

“TerraSAR-X” (такође познат као и “TSX”) је немачки национални “SAR” сателит који се користи у научним мисијама и комерцијалним апликацијама. Пројекат је подржан од стране “BMBF”( Немачко Министарство просвете и науке), а управља овим пројектом “DLR”(Немачка свемирска агенција). У 2002. години, “EADS Astrium GmbH” је додељен уговор за имплементацију X – бенда “TerraSAR” сателита (TerraSAR-X) на основу уговора о јавно-приватном партнерству (public-private partnership). По овом уговору, “EADS Astrium GmbH” финансира део трошкова имплементације “TerraSAR-X” система. У замену, “EADS Astrium/Infoterra” добија ексклузивна права на комерцијалну експлоатацију “TerraSAR-X” података.

Сателитом управља и поседује га “DLR”(Немачка свемирска агенција). Сателит има животни век од најмање пет година.

Сателит је послат у свемир 15. јуна 2007. године са космодрома “Байконур” у Казахстану. Има синхрону орбиту са Сунцем висине 514 km са инклинацијом од  $97,44^{\circ}$  и периода 95 минута. Период поновног посећивања је 11 дана.

“TerraSar-X” сателит је опремљен са активном синтетичком блендом. Активно у овом контексту значи да се сноп може поравнати у кружном распону између  $20^{\circ}$  и  $60^{\circ}$ . Ово се не врши механичким померањем антене или комплетног сателита, већ уз помоћ многих поњирјујућих појединачних зракова. Сателит функционише у такозваном X-банд спектру. Радио сигнали емитовани у овом спектру имају фреквенцију 9.65 GHz, што одговара таласној дужини од 3 cm и омогућава такву високу резолуцију слика.



Слика 5. град Десау у Немачкој

“TerraSar-X” прикупља податке у следећа три главна режима:

- “SpotLight”: до 1 m просторна резолуција, величина сцена 10 km(ширина) x 5 km(дужина)
- “StritMap”: до 3 m просторна резолуција, величина сцена 30 km(ширина) x 50 km(дужина)
- “ScanSAR”: до 18 m просторна резолуција, величина сцена 100 km(ширина) x 50 km(дужина)

У зависности од жељене апликације, један од четири различита типа производа (нивои обраде) може бити одабран:

- Single Look Slant Range Complex (SSC)
- Multi Look Ground Range Detected (MGD)
- Geocoded Ellipsoid Corrected (GEC)
- Enhanced Ellipsoid Corrected (EEC)

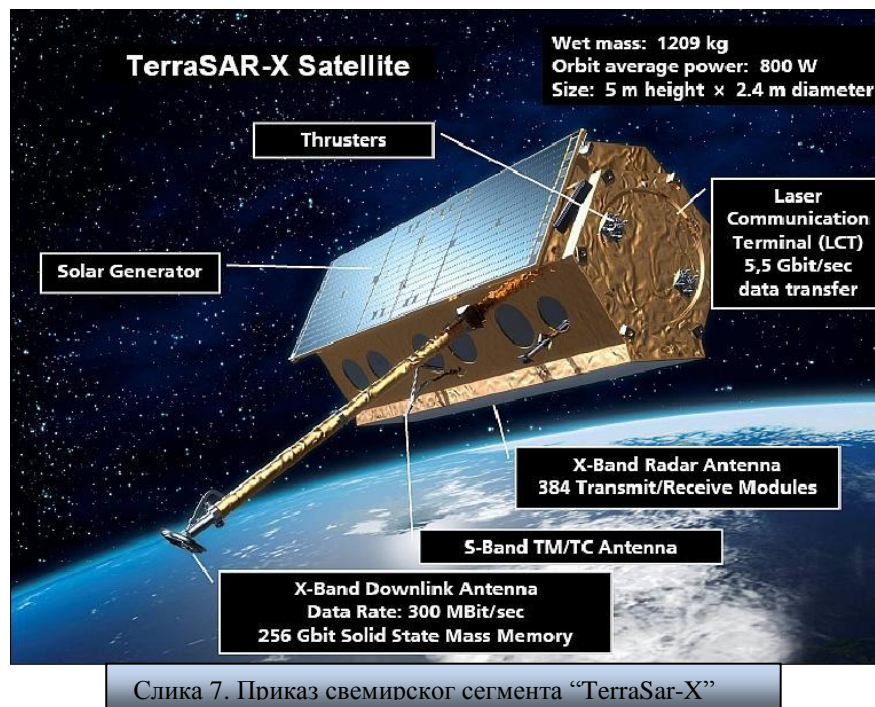
”Байконур” је први и највећи на свету космодром. Заузима површину од  $6717 \text{ km}^2$ . По попису из 2012. године “Байконур” је лидер у броју послатих платформи у свемир (21 платформа је послата). Заједно град “Байконур” и космодром чине комплекс који Русија изнајмљује од Казахстана по цени од 5 милијарди рубаља што је 115 милиона долара годишње.



Слика 6. Космодром “Байконур”

### 5.1 Свемирски сегмент “TerraSar-X”

Шестоугаони спољашњи облик летелице, са укупном висином од око 5 метара и пречника око 2,4 м, у унутрашњости су углавном смештени “SAR” инструменти. Спољашњост је обложена низом соларних панела, као и геометријска ограничења која су добијена са летелицом “Днепр-1”.



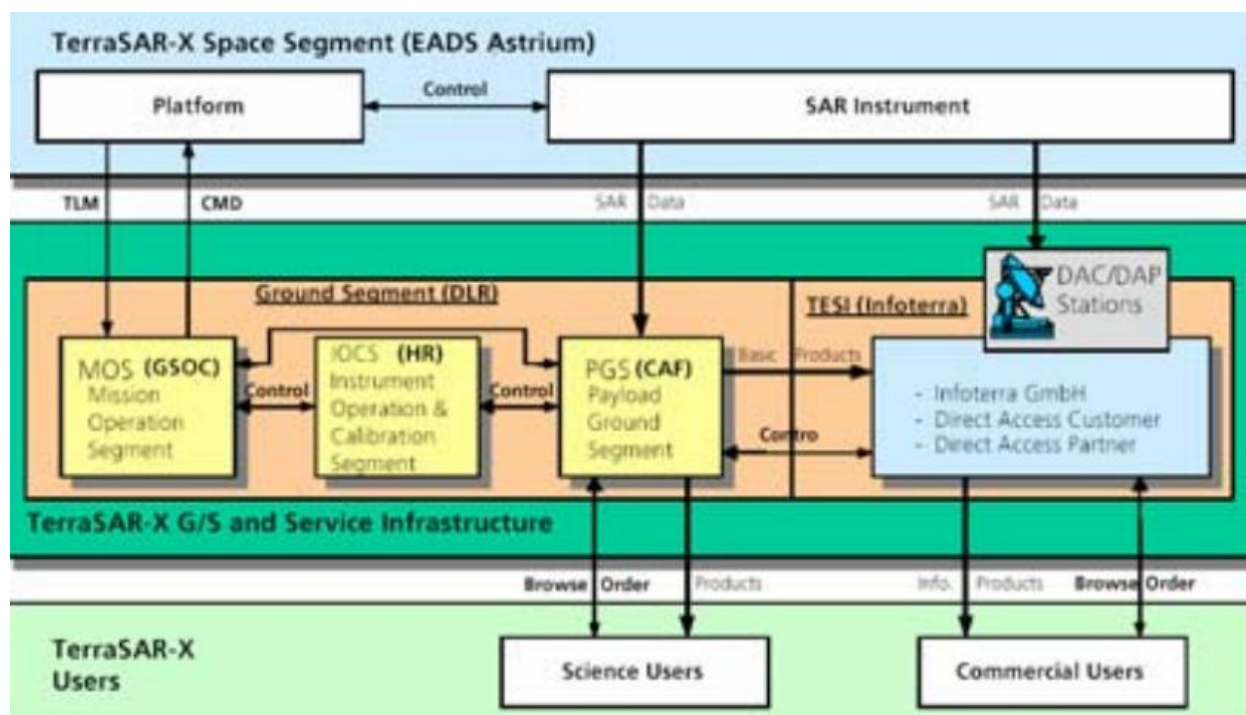
Попречни пресек горе наведене слике приказује концепт монтирања радијатора, соларних панела и елемената “SAR” антена. Три стране шестоугла су опремљене са електронском опремом, док је страна окренута ка Сунцу додатно опремљена са низом соларних панела. “SAR” антена је монтирана на једној од страна шестоугла, која када се налази изнад тачке надира погађа угао од  $33,8^\circ$ . Други надир који гледа са стране је резервисан за смештање S-бенда ТТ антене, а “SAR” downlink антена је дугачка 3.3 m да би се избегла “RF interferences” (радио фреквенцијска интерференција) током симултаног рада сателитског снимања и трансмисије података ка Земљи. Поседује и ласер ретро рефлектор који подржава прецизно одређивање орбите. Страна шестоугла која гледа у дубоки свемир је искоришћена за “LCT( Laser Communication Terminal)” као и термални радијатор. Целокупна маса сателита је 1230 kg.

## 5.2 Земаљски сегмент “TerraSar-X”

“TerraSar-X” земаљски сегмент и инфраструктура сервиса је централни елемент за контролу и руковање “TerraSar-X” сателитом. За калибрацију “SAR” инструмената и за архивирање “SAR” података, као и за генерисање и дистрибуцију основних података. Целокупан земаљски сегмент и сервис инфраструктуре састоји се из два дела:

- ◆ “DLR” омогућава земаљски сегмент

- ◆ “InfoTerra” задужена за комерцијалну експлоатацију и инфраструктуру сервиса



Слика 8. Приказ рада Земаљског сегмента

Центри који су задужени за праћење “TerraSar-X” система:

- ◆ “The Mission Operations Segment(MOS)” омогућено од стране “German Space Operation Center(GSOC)”
- ◆ “The Instrument Operation and Calibration Segment(IOSC)” омогућено од стране “Microwaves and Radar Institute(IHR)”
- ◆ “The payload Ground Segment(PSG)” омогућено од стране “German Remote Sensing Data Center(DFD)” као и “DLR Remote Sensing Technology Institute(IMF)”

### 5.3 Поређење “TerraSar-X”, “RADARSAT-2” и “ALOS-PALSAR”

“Interferometric synthetic aperture radar (InSAR)” скупови података са “TerraSar-X”, “RADARSAT-2” и “ALOS-PALSAR” су упоређени у односу на њихову способност да открију подземно кретање испод пермафроста<sup>1</sup> који се налази на Хершел острву, Јукон, Канада. Сва три сензора имају добру кохерентност у летњој сезони. Чување података је предност “TerraSar-X” и “RADARSAT-2”, али могућа интеракција “SAR” са вегацијом или са резудиалном тропосферском буком, је видљива, што смањује поузданост резултата. “RADARSAT-2” и “ALOS-PALSAR” обезбеђују најпоузданије податке са могућношћу да формирају једногодишњи интервал интерферограма. “ALOS-PALSAR” такође поседује могућност формирања двогодишњег или трогодишњег интерферограма. Дугачки интервал скупова података који обухватају период од 2007. до 2010. године, идентификује померање обале 20-30 cm годишње у правцу северо-истока, као и померање северног врха острва чак до 5 cm годишње. Способност да се формира дугачак интервал премештајућих објеката највише обећава у посматрању пермафроста ради очувања његове стабилности. “TerraSar-X” подаци имају недостатак што вишегодишњи интерферограми не могу бити формиран. “InSAR” није идеална техника за праћење великих рецесија одмрзавања Хершелских острва. Иако могу да се идентификују области опште нестабилности, специфична детекција падова је ограничена радаровим правцом посматрања, стога се губи кохерентност у “InSAR” подацима. Отопљене области захтевају другачији интерферометријски приступ. Честе посете и висока просторна резолуција “TerraSar-X” обезбеђује најбољу шансу у одржавању кохерентности области које се одмрзавају. У принципу, “InSAR” је успешнији у идентификовању широких области умереног слегања у благом рељефу, области нестабилног терена, као и области које се одмрзавају.

---

<sup>1</sup> Зона (предео) вечитог снега и леда

## 6. Примена “TerraSar-X” сателита

“SAR” подаци се могу применити у много различитих сфера:

- Поморске апликације укључују откривање бродова и изливања нафте, праћење обала мора, праћење морског леда, као и добијање информација о ветру и таласима
- Земљишне апликације укључују топографско и тематско мапирање, апликације везане за агрикултуру и пољопривреду, добијање “DEM-a (Digital Elevation model)”, као и слегање појединих објеката. Користи се и у праћењу различитих елементарних непогода (поплава, ерупција вулкана, земљотреса итд.)

Доступне методе анализе чине:

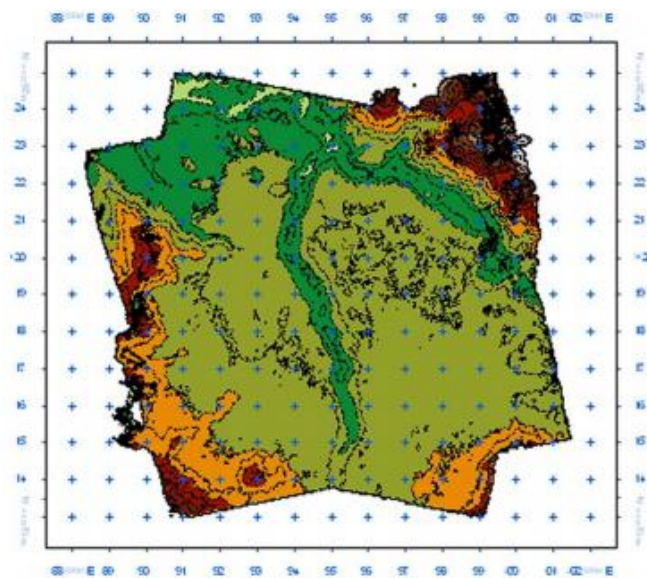
- Визуелна анализа(за мапирање)
- Сегментација и класификација(под надзором или без надзора, засновано на пикселу или на објекту)
- Интерферометријске технике”(InSAR, DInSAR, PSInSAR)” могу се користити за добијање дигиталног модела висина, праћење промена између аквизиције или мерења слегања или уздизања посматране површине
- Радарграметрија( која се показала као робустнији метод за добијање “DEM-a”)

### 6.1 Топографско и тематско мапирање

Слика 9. приказује “TerraSar-X radargrammetry (StereoSAR)”<sup>2</sup> базирану на дигиталном елевационом моделу ”DEM” тестираног сајта у Папуа Новој Гвинеји. Узлазни и силазни парови слика су коришћени за генерисање два “DEM-a”, који су се накардно спојили. “Radargrammetry” доказује да је бољи приступ за добијање “DEM-a” као вегетационог узрочника темпоралне декорелације у интерферометријском приступу. Оствариви квалитет “DEM-a” зависи од модулације терена. Први резултати били су обећавајући и указивали су на значајно побољшање у односу на “SRTM” С-бенд “DEM”.

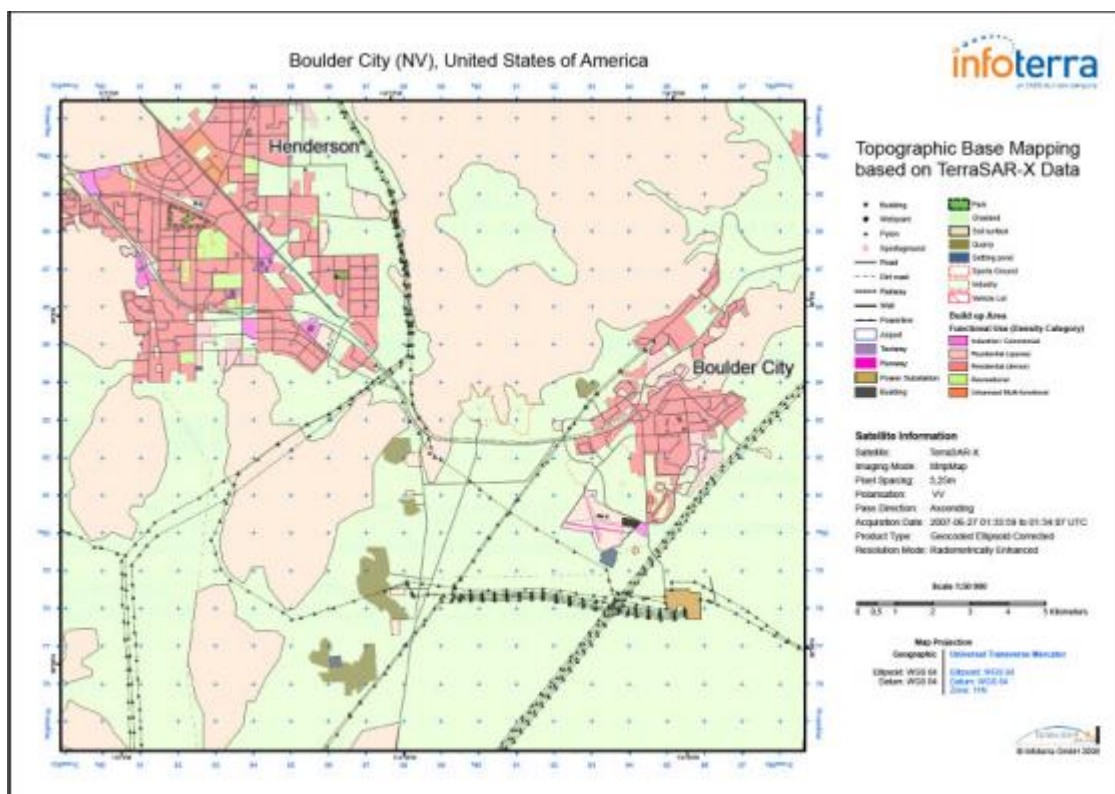
---

<sup>2</sup> “StereoSAR” је други метод за прављење дигиталног елевационог модела “DEM”. Мање је тачности од “InSAR” методе, али је много мање подложен утицајима атмосфере и темпоралне декорелације. Зато је погодан за коришћење у оваквим областима.



Слика 9. “TerraSAR-X” радарграметријски “DEM” (Папуа Нове Гвинеје)

Слика 10. приказује пример топографске базне мапе (произведене коришћењем визуелне интерпретације) на основу међународних стандарда за мапирање. Углавном су оптички подаци стандардни за овај тип апликације. “TerraSAR-X” подаци могу се несметано прикупљати и у областима покривеним облацима.



Слика 10. Топографска мапа града Боулдер у САД

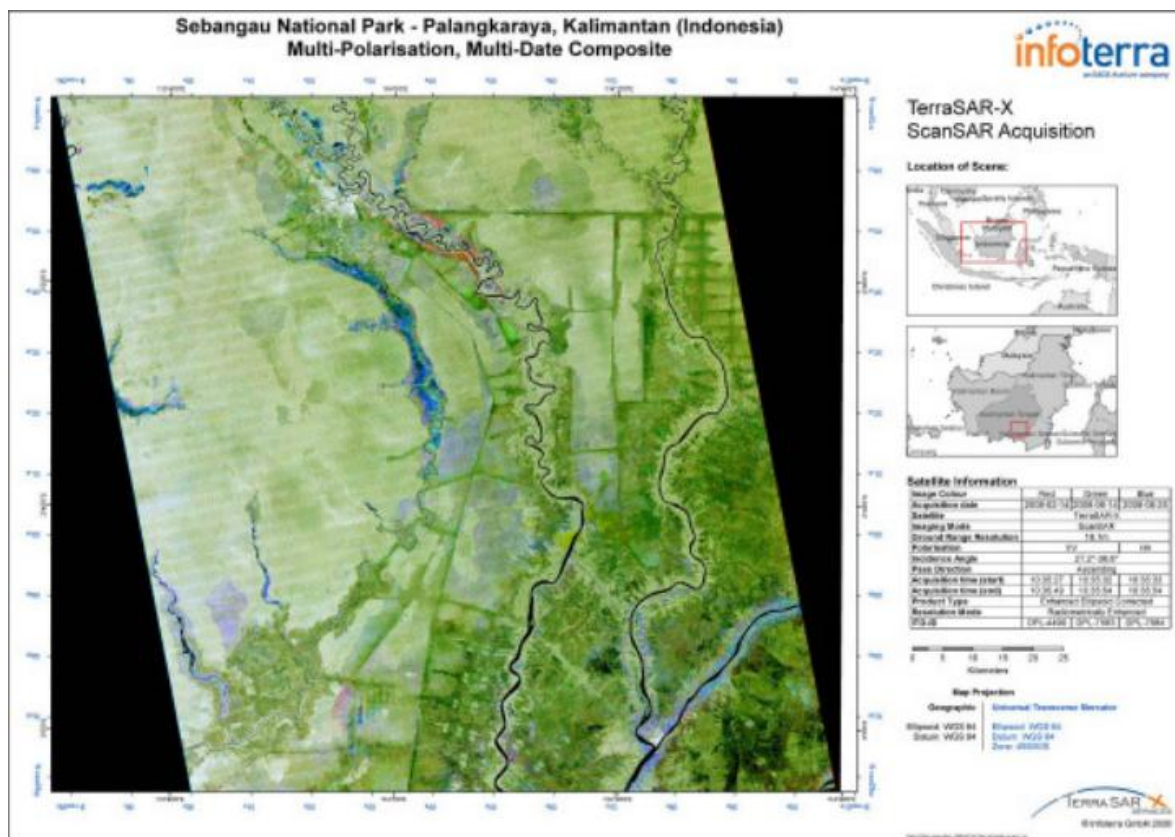


## 6.2 “TerraSar-X” мониторинг тропских шума

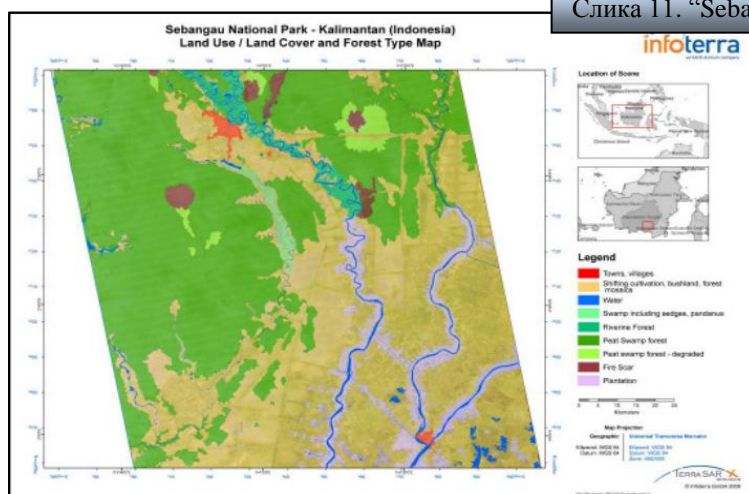
Веома мало података је доступно о функционисању X-бенда “TerraSar-X” сателита за мапирање шума. Студије у различитим тропским локацијама су показале да мулти-темпоралне аквизиције “TerraSar-X” у режимима “StripMap” и “ScanSAR” могу бити корисне за:

- детекцију промена у шумском појасу, јасних резова на дрвећу као и селетивне сече
- мапирање широко коришћеног земљишта/земљишног покривача и типова шума (слика 11.)
- мапирање тропских шума (тресет мочварне шуме, високе шуме и “low pole forest”) и да карактеришу деградацију шума и статус поновног раста (демонстрација на основу “TerraSar-X” “StripMap” за тресет мочварне шуме у Калимантан).

Слика 11. илуструје “ScanSAR” базу података која се користи за класификацију земљишног покривача и типа шуме. Светло зелене површине у горњој левој половини слике представљају области тресет мочварних шума Националног парка “Sebangau”. “The Sebangau” трпи велика одводњавања (јер су илегалне дрвосече изградиле стотине канала) изазвана изградњом стотина канала од стране илегалних дрвосеча (многи од њих се могу чак разликовати на слици). Ови канали прете брзом исушивању тресета из шума, што може довести до пожара енормне размере на штету Националног парка. Област сече шума се може видети у тамније зелене боје на дну десне половине слике.



Слика 11. “Sebangau” екосистем у Централном Калимантану



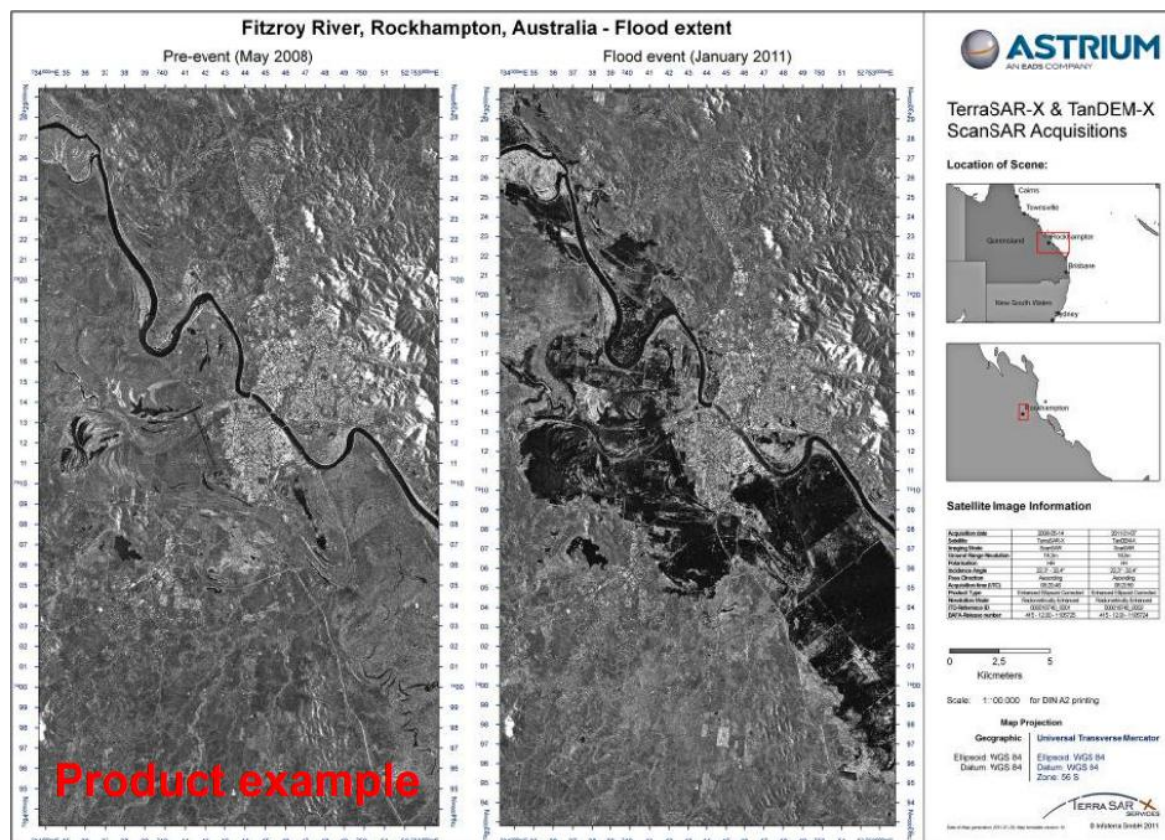
Слика 12. Приказује резултат објектно-базиране класификације приступа заснованог на “GSE” (мониторинг шума, ниво номенклатуре). Интерактивно пост-процесирање је искоришћено за побољшање разлика између “ожилјака” од ватре (спаљене шуме која је на слици приказана љубичастом бојом) и других типова земљишта.

### 6.3 “TerraSar-X” мапирање поплава

Од свог лансирања у јуну 2007. године, “TerraSar-X” подаци су били примењени као подршка у мапирању поплава и мониторингу поплава у неколико наврата. Анализу података је преузела “Infoterra”, “the German Center for Satellite Based Crisis Information(ZKI)” и локална организација. Табела број 2 даје преглед догађаја поплава и даје линкове за даље информације.

Flood event	Link for further information
England, July 2007	<a href="http://www.infoterra.de/image-gallery/images.html">http://www.infoterra.de/image-gallery/images.html</a>
Mexico, November 2007	<a href="http://www.zki.caf.dlr.de/applications/2007/mexico/142_en.html">http://www.zki.caf.dlr.de/applications/2007/mexico/142_en.html</a>
Australia, January 2008	<a href="http://www.infoterra.de/image-gallery/images.html">http://www.infoterra.de/image-gallery/images.html</a>
Bolivia, February 2008	<a href="http://www.infoterra.de/image-gallery/images.html">http://www.infoterra.de/image-gallery/images.html</a>
Namibia, March 2008	<a href="http://www.zki.caf.dlr.de/applications/2008/namibia/149_en.html">http://www.zki.caf.dlr.de/applications/2008/namibia/149_en.html</a>
Myanmar, May 2008	<a href="http://www.zki.caf.dlr.de/applications/2008/myanmar/150_en.html">http://www.zki.caf.dlr.de/applications/2008/myanmar/150_en.html</a>
Mississippi, June-July 2008	<a href="http://www.infoterra.de/image-gallery/images.html">http://www.infoterra.de/image-gallery/images.html</a>
Romania, July 2008	<a href="http://portal.rosa.ro/inundatii/2008_07/inundatii_2008_Iulie.htm">http://portal.rosa.ro/inundatii/2008_07/inundatii_2008_Iulie.htm</a>
Nepal/India, September 2008	<a href="http://www.zki.caf.dlr.de/applications/2008/nepal/156_en.html">http://www.zki.caf.dlr.de/applications/2008/nepal/156_en.html</a>
Haiti, September 2008	<a href="http://www.zki.caf.dlr.de/applications/2008/haiti/158_en.html">http://www.zki.caf.dlr.de/applications/2008/haiti/158_en.html</a>

Табела број 2. инфромације о поплавама

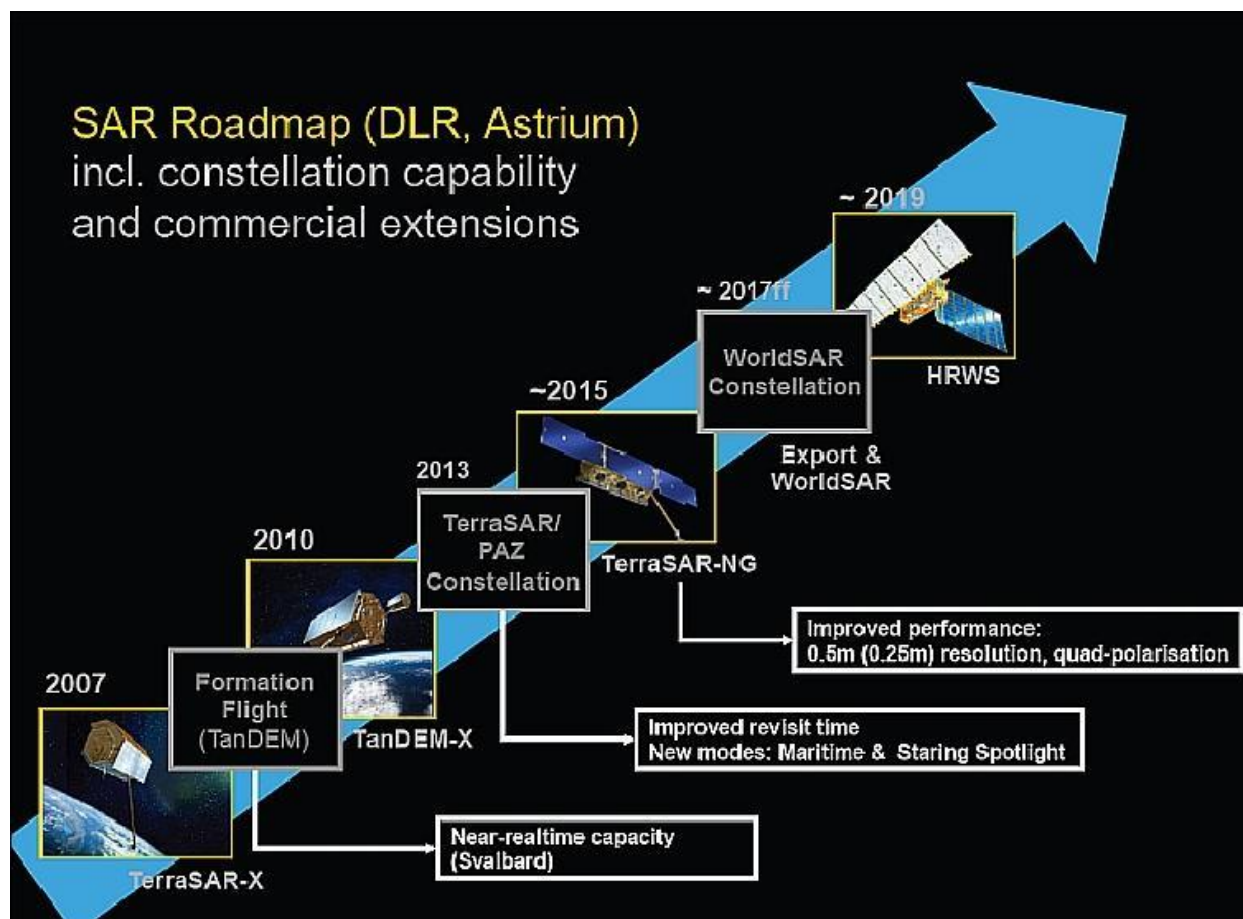


Слика 12. Приказ од пре и после поплаве реке Фицрој у Аустралији

## 7. Закључак

“TerraSar-X” систем даљинске детекције представља поуздан извор информација о снимању терена, праћењу терена, вегетације, мапирању, планирању, процени опасности, војним потребама итд. Примери приказани у овом су само мањи део примене, с обзиром на широки опсег могућности које поседује овај сателит. Сателит је веома користан за цивилне потребе и потребе неких мање захтевнијих наука у погледу времена, првенствено у геодезији, јер су снимци у веома високој просторној резолуцији и могуће је снимити велику површину терена. Високе резолуције у комбинацији са поновним пролазом сателита од 11. дана, чине систем посебно погодан за праћење малих површина, као и веома динамичке догађаје. “InfoTerra” ради на комерцијализацији оба типа “TerraSar-X” података. Развој система за потребе индустрије је увећан, научним програмом којим координира “DLR”.

Концепт “TerraSar-X” мисије укључује “TanDEM-X” сателит, приступ који ће омогућити висок квалитет глобалног дигиталног елевационог модела “DEM-а”, као и “TerraSar-X2” који ће наставити да добија податке уз помоћ X бенда у високој резолуцији након животног века “TerraSar-X” сателита.



Слика 13. Приказ будућности “TerraSar-X” система

## Литература

1. Kramer, Herbert J. Observation of the Earth and Its Environment: Survey of Missions and Sensors, 2002. (историјски преглед и свемирски сегмент)  
<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/terrasar-x> (28.05.2014)
2. Scheuchl, Bernd. Koudogbo, Fifamé. Petrat, Lutz. TerraSAR-X: Applications for Spaceborne High Resolution SAR Data. 2009. (систематске карактеристике и примена)  
<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.05.02/doc/7457-7464.pdf> (28.05.2014)
3. Nasa SIR-C/X-SAR Mission. 2002. (табела о бендовима)  
<http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/sirc.htm> (29.05.2014)
4. TerraSAR-X. 2014. (три режима прикупљања података)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/TerraSAR-X> (30.05.2014)
5. Shuttle Radar Topography Mission. 2008.  
<http://srtm.usgs.gov/mission.php> (31.05.2014)

### Корисни линкови:

<https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/terrasar-x#foot1%29>

<http://www.astrium-geo.com/terrasar-x/>

[http://www.dlr.de/dlr/en/desktopdefault.aspx/tabid-10377/565\\_read-436/#gallery/350](http://www.dlr.de/dlr/en/desktopdefault.aspx/tabid-10377/565_read-436/#gallery/350)

<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.05.02/doc/7457-7464.pdf>

<http://www.terrasar.ru/>

[http://geomatica.ru/pdf/2014\\_01/2014\\_1\\_72-79.pdf](http://geomatica.ru/pdf/2014_01/2014_1_72-79.pdf)

<http://en.wikipedia.org/wiki/TerraSAR-X>

<http://scanex.ru/ru/data/default.asp?submenu=terrasar&id=index>

