

ПОЛУЧАВАНЕ И ОБРАБОТКА НА СПЕКТРАЛНИ САТЕЛИТНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ СЪС СРЕДНА РЕЗОЛЮЦИЯ ОТ ЕВРОПЕЙСКАТА АГЕНЦИЯ ЗА КОСМИЧЕСКА ИЗСЛЕДВАНИЯ

ст.ас.Димитър Петров Минчев
Бургаски Свободен Университет

RECEIVING AND PROCESSING SPECTRAL SATELLITE IMAGES WITH MEDIUM RESOLUTION BY EUROPEAN SPACE AGENCY

Assist.Prof. Dimitar Petrov Minchev
Burgas Free University

***Abstract:** The article is about the European Space Agency Satellite Data Dissemination System and the laboratory of the European Space Agency in Burgas Free University. The ENVISAT MERIS instrument (spectrometer with medium resolution) is also considered. The Program fragment, developed in the MATLAB environment, for reading and processing the spectral images with full resolution (MER_FR_1P) and which contains 15 spectral bands is presented. The proposed methodology can be used in many scientific experiments by using the real satellite spectral data distributed by ESA until the end of the ENVISAT satellite mission in 2013. This is realized in realtime, with a delay of 3 hours after the images acquisition..*

***Keywords:** European Space Agency, Data Dissemination System, Remote Sensing, Satellite ENVISAT, Instrument MERIS.*

Въведение

В периода 27 юни до 2 юли 2010 в Берген, Норвегия се проведе международен симпозиум „Living Planet“ на Европейската агенция за космически изследвания – ESA [1]. В събитието участваха над 1200 научни работници от различни държави. Основни обсъждани теми бяха: гравитационната мисия, осигурена от сателита GOCE, изстрелян на 17 март 2009 г.; водната мисия, осигурена от сателита SMOS, изстрелян на 2 ноември 2009 г.; ледената мисия, осигурена от сателита CRYOSAT, изстрелян на 8 април 2010 г; удължаване на живота на сателита ENVISAT [4] след 2010 до 2013 година.

На симпозиума бяха представени актуални научни резултати на групата за перспективни космически изследвания на ЦИТН към БСУ с ръководител проф. д.т.н. А. Лазаров. Научния доклад на тема „Свлачищни феномени в национален парк Севан – Армения“, разработен с участието на представител на Ереванския държавен университет, Армения, бе изнесен от Димитър Минчев, старши асистент в БСУ, докторант към ИИКТ на БАН. Разработката е подкрепена от четири проекта: NATO CLG: ESP.EAP.CLG.983876, ESA C1P-6051, BG051PO001-3.3.04/40 и БСУ-Д05/23.02.2010.

Представителят на БСУ осъществи контакт с Луиджи Асика от ESA – Фраскати, Италия, който предостави на БСУ сателитен приемник за получаване на данни от спътника ENVISAT. Тази система за разпространение на данни [3] от сателита на ESA

[1], базирана във Фраскати, Италия, получава дневно 70 гигабайта сурови данни директно от ENVISAT [4].

БСУ има ресурса и капацитета да стартира единствената в България лаборатория на ESA [2]. Чрез нея се получават, обработват и архивират сателитни данни с многостранно научно и практическо приложение (геодезия, картография, строителство, селското стопанство и т.н.).

Сателитна система за разпространение на данни на Европейската агенция за космически изследвания

Базирана на сателити в орбита, системата за разпространение на данни [3] (Data Dissemination System - DDS) на Европейската агенция за космически изследвания (European Space Agency) [1] е първоначално разработена през 2001 г., за да осигури разпространението на данни от спътника ENVISAT [4] до Европейските потребители по време на експлоатацията на сателита.

Днес системата за разпространение на данни е все още напълно функционираща и дори наскоро е разширена с покритие на целия Африкански континент, включвайки други проекти както и мисии на трети страни. В допълнение от август 2007 г. е постигнато разпространение на ENVISAT [4] данни почти в реално време. До десет гигабайта на ден се доставят от Amerhis DVB-RCS предавателната станция на ESRIN до първата приемна станция, инсталирана на Mariscope Chilena (Пуерто Монт, Чили).

Понастоящем системата за разпространение на данни [3] се базира на три предавателни станции изнесени в KIRUNA (Швеция) и ESRIN (Италия), плюс нарастващ парк от оперативни приемни станции повече от 47, разположени в цяла Европа, Африка и Южна Америка.

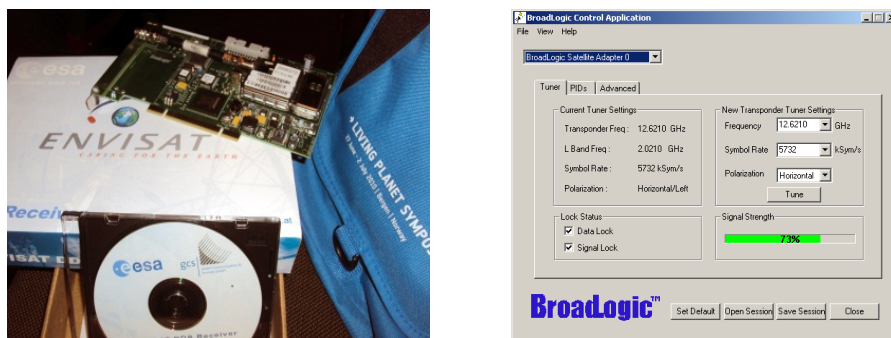
От старта на сателита ENVISAT [4] до днес повече от 80 терабайта от данни, получени почти в реално време са предадени (над 500 терабайта са доставени на потребителите) благодарение на 6.0 Mbps канал, посветен на Ку-банда, 2.8 Mbps канал, посветен на африканския С-банд и 1,8 Mbps канал, посветен на Южна Америка.

Ядрото на системата за разпространение на данни [3] разчита на ограничен надежден протокол - Restricted Reliable Multicast Protocol (RRMP). Той осигурява висока степен на надеждност и изпълнение на услугата, работа със сателитния канал за трафик на данни (IP през DVB-S) и наземен интернет, обратен канал за мониторинг и контрол (или DVB-RCS за сателитен канал).

Системата DDS [6,7] е разработена за ESA [1] от съвместен екип, съставен от компаниите Intecs (Италия) и GCS (Австрия). И двете компании в момента осигуряват, както еволюцията на системата така и мониторинг на ежедневните дейности.

Лаборатория на Европейската агенция за космически изследвания в Бургаски свободен университет

Предложението за изграждане на лаборатория на Европейската агенция за космически изследвания (ESA) в Бургаски свободен университет (БСУ) [2] бе изготвено от групата за перспективни космически изследвания на Центъра по информатика и компютърни науки (ЦИТН) към БСУ с ръководител проф. д.т.н. А. Лазаров и докторанти на ИИКТ към БАН ст.ас. Димитър Минчев и инж. Тодор Костадинов. То бе иницирано след получаване на апаратна и програмна част на сателитната система за разпространение на данни на Европейската агенция за космически изследвания [1]. Апаратната и програмната част (виж Фиг.1) съответно се състоят от PCI DVB-S адаптерна платка, модел ABA2030 на фирмата VoadLogic и софтуер за управлението ѝ.



Фиг.1. Апаратна и програмна част на сателитната система за разпространение на данни на Европейската агенция за космически изследвания.

За нуждите на лабораторията бе предоставена за ползване лаборатория 432 в БСУ, която бе оборудвана с един компютър с инсталирана операционна система Windows XP. На компютъра бе монтиран сателитен приемник, към който се подключи офсетна сателитна чиния с диагонал от 120 см (виж Фиг.2). Сателитната чиния бе позиционирана спрямо сателита EUTELSAT W1 10 градуса изток. От друга страна програмната част бе инсталирана спрямо изискванията за DDS [3,6,7] и конфигурирана както следва: работна честота от 12.6210 GHz, скорост на получаване на символи 5732 kilosимвола в секунда, хоризонтална поляризация. При така зададени настройки на апаратна и програмна част получихме добро ниво на сигнала от 73 dB.

На компютъра се получават данни от сателита ENVISAT [4] на ESA [1]. ENVISAT [4] е сателит за наблюдение на земната повърхност с период на повторение от 35 дни. ESA [1] ще удължи мисията на сателита до 2013 година чрез промяна на неговата орбита. Това ще гарантира непрекъснат поток от данни (24/7) за лабораторията. При промяната на орбитата периода на повторение ще се промени на 30 дни.

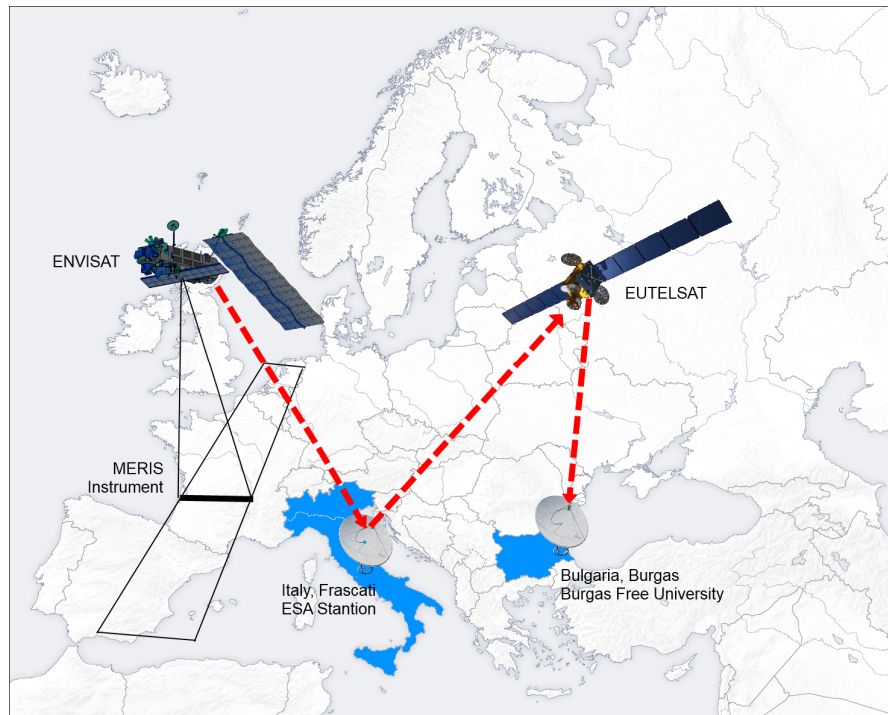


Фиг.2. Характеристики на използваната офсетна сателитна чиния

Type	Offset
Offset Angle	26 °
Aperture Diameter	110 cm
Reception Frequency	10.70 - 12.75 GHz
Antenna Gain (Ku-Band)	42.4 dB - 44.8 dB
Material	Phosphated Steel
Finish Coat	Polyester Powder Coating
Color	Grey (RAL-7035)
Small Axis Diameter	110 cm
Long Axis Diameter	120 cm
LNB Holder	23 - 40 mm
F/D	0.5
Operational Temperature	-40° + 60°
Operation Wind	90 km/H
Survival Wind	150 km/H

Сателитната система за разпространение на данни [3] на Европейската агенция за космически изследвания [1] използва станцията ESRIN намираща се във Фраскати,

Италия, за да получава данни от сателита ENVISAT [4]. След това те се обработват първично и препредават на спътника EUTELSAT за доставка до европейските потребители (виж. Фиг.3). По този начин системата разпространява данни почти в реално време. Времетраенето от придобиването на изображението чрез сателита до получаването му от потребителя е максимум 3 часа.



Фиг.3. Схема на разпространение на сателитните данни от сателита ENVISAT посредством препредаване от EUTELSAT.

Поради огромния обем на получаваните сателитни данни е необходим голям капацитет на твърдия диск на използвания компютър за съхранението им. За съжаление компютърът има малък обем на твърдия диск, който позволява получаване и съхранение до 4 дни, след което диска се запълва и е невъзможно да се запишат нови данни. Затова е необходимо данните да се архивират и каталогизират на DVD дискове, за да се освобождава място за нови данни.

Така изградената лаборатория в БСУ [2] има следните функции:

- да получава денонощно данни от сателита ENVISAT [4] на ESA [1];
- да обработва получаваните данни до изображения на земната повърхност;
- да архивира суровите и обработените данни;
- да каталогизира информацията.

В бъдеще лабораторията си поставя за цел:

- да изготвя периодични доклади за работата си;
- да извършва научноизследователска дейност;
- да участва в национални и международни конференции и симпозиуми;

Инструментът MERIS

Спектрометърът на изображения средна резолюция - Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) [5] е един от основните полезни инструменти за изследване на околната среда на сателита ENVISAT [4] на ESA [1]. MERIS [5] се финансира от Европейската космическа агенция. Изискванията на европейската научна общност за глобална система за мониторинг на околната среда, чиито технически характеристики позволяват извличането на данни от количествената информация от цвета на океана, както и за документирането на състоянието и развитието на атмосферата и земната повърхност [8], доведе до концепцията MERIS [5].

Океанографската мисия е радиометрично най-взискателната по отношение на ниски нива на излъчване и свързаните с тях високо съотношение - сигнал / шум. Поради това, инструментът трябва да може да открива ниски нива на радиация, излъчвани от океана (свързани с веществата във водата от процесите на поглъщане и разсейване). В същото време, за придобиване на информация за облачната покривка и земната повърхност, инструментът трябва да има високодинамичен обхват с цел откриване на ярки обекти. Характеристиките на MERIS [8] също са от голямо значение за извличане на информация за земната повърхност, по-специално за глобалната биомаса.

MERIS е спектрометър за изображения с широко поле на виждане на откос с широчина 1150 km (полето на виждане (FOV) = 68.5), измервайки слънчевата радиация, отразена от Земята в 15 спектрални радиочестотни ленти от 412.5 nm до 900 nm [8]. Всички ленти са с програмируема ширина (променлива между 1,25 и 30 нанометра) и позиция и се определят преди началото на мисията в отговор на препоръките на научната консултативна група - Science Advisory Group (SAG). Настройките са показани в Табл.1.

MERIS позволява глобално покритие на Земята за 3 дни. ENVISAT облита Земята на слънчево-синхронна орбита със средна надморска височина от 799,8 км и наклон на 98,55 градуса. Една пълна орбита има времетраене от 100,6 минути с цикъл на повторение от 35 дни.

MERIS номер на канала	дължина на вълната / честотна лента (nm)	Приложение
1	412.5 / 10	Жълто вещество и пигменти
2	442.5 / 10	Максимално абсорбиране на хлорофила
3	490 / 10	Хлорофил и други пигменти
4	510 / 10	Отстранен седимент, червени приливи/отливи
5	560 / 10	Минимално абсорбиране на хлорофила
6	620 / 10	Отстранен седимент
7	665 / 10	Абсорбиране на хлорофила и стойности на флуорисценцията
8	681.25 / 7.5	Връх на флуорисценцията на хлорофила
9	708.75 / 10	Отношение на флуорисценция, атмосферни корекции
10	753.75 / 7.5	Растителност и облаци
11	760.625 / 3.75	Абсорбиране на кислорода, Р-клон
12	778.75 / 15	Атмосферни корекции
13	865 / 20	Растителност, стойности на изпаряване на вода
14	885 / 10	Атмосферни корекции
15	900 / 10	Изпаряване на вода при земна повърхност

Таблица 1. Спецификации на петнадесетте MERIS канала препоръчани от научната консултативна група - Science Advisory Group (SAG).

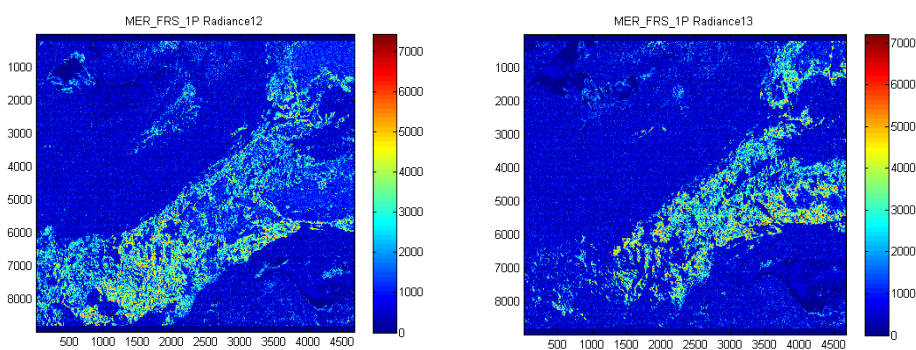
MERIS [8] има възможност за извеждане на данни с пълна резолюция (Full Resolution / FR) с пространствената дискретизация, описани по-горе (вж. Табл.1), и намалена резолюция (Reduced Resolution / RR), преоразмерени при 1.2 км.

Обработка на MERIS данни с пълна резолюция в среда MATLAB

Получаваните сателитни данни в лабораторията на Европейската агенция за космически изследвания в Бургаски свободен университет [2] включват следните продукти: MER_FRS_1P, MER_RRC_2P, MER_RRV_2P, ATS_TOA_1P, ATS_NR_2P, ATS_AR_2P, SCI_NL_1P. В предложените в тази статия програмни фрагменти (виж Приложение 1) е демонстрирана работа с продукт от инструмента MERIS [5] с пълна резолюция (MER_FRS_1P). За демонстрация са използвани сателитни данни, заснети над района на Англия (виж Фиг.4) на 29 септември 2010 г. Програмния фрагмент чете от входния файл данни от петнайсетте спектрални радиочестотни ленти, налични във файла [8], обработва ги и ги записва като изображения на диска във формат Portable Network Graphics (PNG). Използван е Гаусов филтър за изглаждане на изображенията. Два канала (12 и 13) са представени, съответно на Фиг.5.



Фиг. 4 - Покритие на наблюдения земен фрагмент.



Канал 12

Канал 13

Фиг.5 – Две от петнадесетте радиочестотни ленти от сателитното изображение, получени след компютърна обработката.

Приложение 1

Програмни фрагменти разработени в среда MATLAB, демонстриращи работата с продукти от инструмента MERIS [5] на сателита ENVISAT [4] на ESA [1].

Програмен фрагмент: compute.m

```
%%
% MER_FRS_1P
% Created by: Dimitar Minchev <mitko@bfu.bg>
%
clc, clear;
file =
'MER_FRS_1PNPDK20100929_104509_000002052093_00223_44866_4335.N1';

for index = 1:15

pic = MER_FRS_1P( file, index );
pic = uint16(pic);
filename = strcat(int2str(index), '.', file);
tic
```

```
fprintf('\nSave the MER_FRS_1P image as portable
network graphics ...\n');
imwrite(pic, strcat(filename, '.png'));
toc;
pic = GaussFilter( strcat(filename, '.png') );
tic
fprintf('\nSave Gauss filtered image as portable network
graphics ...\n');
imwrite(pic, strcat(filename, '.gauss.png'));
toc;
figure;
imagesc(pic), colorbar;
title( strcat('MER\FRS\_1P Radiance ', int2str(index)) );

end
```

Програмен фрагмент: MER_FR_1P.m

```
%%
% MER_FRS_1P
% Created by: Dimitar Minchev <mitko@bfu.bg>
%
function Img = MER_FR_1P( filename, index )
tic;
fprintf('\n');

Radiance = [
3763 3800 3837 3858, % 1
4043 4080 4117 4138, % 2
4323 4360 4397 4418, % 3
4603 4640 4677 4698, % 4
4883 4920 4957 4978, % 5
5163 5200 5237 5258, % 6
5443 5480 5517 5538, % 7
5723 5760 5797 5818, % 8
6003 6040 6077 6098, % 9
6283 6320 6357 6378, % 10
6563 6600 6637 6658, % 11
6843 6880 6917 6938, % 12
7123 7160 7197 7218, % 13
7403 7440 7477 7498, % 14
7683 7720 7757 7778 % 15
];
```

```
s = dir(which(filename));
filesize = s.bytes;
fprintf('file: %s\n', filename );
fprintf('size: %i\n', filesize );
fid = fopen(filename, 'r', 'b');

% mds
fseek(fid, Radiance(index,1), 'bof');
DS_OFFSET = str2double( fread(fid, 20, '*char', 'a') );
fseek(fid, Radiance(index,2), 'bof');
DS_SIZE = str2double( fread(fid, 20, '*char', 'a') );
fseek(fid, Radiance(index,3), 'bof');
NUM_DSR = str2double( fread(fid, 10, '*char', 'a') );
fseek(fid, Radiance(index,4), 'bof');
DSR_SIZE = str2double( fread(fid, 10, '*char', 'a') );

% mds information
fprintf('Radiance: %i\n', index );
fprintf('DS_OFFSET: %i\n', DS_OFFSET);
fprintf('DS_SIZE: %i\n', DS_SIZE);
fprintf('NUM_DSR: %i\n', NUM_DSR);
fprintf('DSR_SIZE: %i\n', DSR_SIZE);

fseek(fid, DS_OFFSET, 'bof');
Img = fread(fid, [DSR_SIZE, NUM_DSR], 'char', 'b');
toc
```

Програмен фрагмент: GaussFilter.m

```
%%
% MER_FRS_1P
% Created by: Dimitar Minchev <mitko@bfu.bg>
%
function Img = GaussFilter( filename )
tic;
```

```
fprintf('\nGauss Filter ...\n');
fprintf('file: %s\n', filename );
Img = imread( filename );
Gauss = fspecial('gaussian',[5 5],2);
Img = imfilter(Img,Gauss,'same');
toc
```

Заклучение

В настоящата статия са обсъдени: сателитната система за разпространение на данни на Европейската агенция за космически изследвания, лабораторията на Европейската агенция за космически изследвания в Бургаски свободен университет и е разгледан инструмента спектрометър на изображения със средна резолюция MERIS на сателита ENVISAT. Разработен е програмен фрагмент в среда на MATLAB за четене и обработка на продукти от тип спектрални изображения с пълна резолюция (MER_FR_1P), съдържащи 15 спектрални радиочестотни ленти. С предложената методология могат да бъдат извършвани редица научни експерименти, използващи реални сателитни спектрални данни от системата за разпространение на ESA до края на живота на сателита през 2013, почти в реално време със закъснение само от 3 часа след придобиване на изображенията.

Литература

1. European Space Agency, <http://www.esa.int>
2. Burgas Free University / European Space Agency / Electronic Laboratory, <http://esa.bfu.bg>
3. Data Dissemination System (DDS), <http://dwlinkdvb.esrin.esa.it/DDS/welcome.html>
4. ENVISAT, <http://envisat.esa.int>
5. MERIS, <http://envisat.esa.int/earth/www/object/index.cfm?fobjectid=1665>
6. S.Badessi, B.Collini-Nocker, H.L.Moeller, P.Viau, D.Castrovillari, The Envisat Data Dissemination System, ESA, Buletin 109, February 2002, http://dwlinkdvb.esrin.esa.it/DDS/docs/Public_Docs/ESA%20Bulletin%20Article%20on%20DDS.pdf
7. Stefano Badessi, Bernhard Collini-Nocker, Davide Tomassini, Marco Bertinaria, Marco Cosentino, 13th Ka and Broadband Communications Conference, September 24-26, 2007, Overview on ESA-TLC integrated applications projects for capacity building in emerging countries combining Satcom and Earth Observation, http://dwlinkdvb.esrin.esa.it/DDS/docs/Public_Docs/Paper_13th_Ka_and_Broadband_conference.pdf
8. A.Pellegrini, L. Mellano, P.Muller, November 2004, ENVISAT-1 PRODUCTS SPECIFICATIONS, VOLUME 11: MERIS PRODUCTS SPECIFICATIONS, http://earth.esa.int/pub/ESA_DOC/ENVISAT/Vol11_Meris_5b.pdf