

Российская академия наук  
Комиссия по разработке научного наследия К.Э. Циолковского

---

Государственный музей истории космонавтики  
им. К.Э. Циолковского

**ТРУДЫ XLV ЧТЕНИЙ,  
ПОСВЯЩЁННЫХ РАЗРАБОТКЕ  
НАУЧНОГО НАСЛЕДИЯ  
И РАЗВИТИЮ ИДЕЙ  
К.Э. ЦИОЛКОВСКОГО**

*Секция "Проблемы ракетной и космической техники"*

г. Калуга, 14 – 16 сентября 2010 г.

Казань - 2011

УДК 656.7  
ББК 39.62  
Т78

Труды XLV чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского. Секция "Проблемы ракетной и космической техники" (г. Калуга, 14-16 сентября 2010 г.). Казань: Центр Оперативной Печати, 2011. - 262 с.

ISBN 978-5-94541-073-2

Сборник содержит материалы докладов XLV чтений, посвящённых разработке научного наследия и развитию идей К.Э. Циолковского, представленных на секции "Проблемы ракетной и космической техники" в Калуге 15 сентября 2010 г. Изложены основные принципы и методы формирования моделей сложных технических систем. Рассмотрены принципы создания и даны технические характеристики наземного сегмента полезной нагрузки проекта ЕпМАР. Представлена концепция расширения экспериментально-демонстрационного фрагмента до полнофункциональной системы обработки данных ДЗЗ. Группа работ сотрудников РКК «Энергия» посвящена вопросам обеспечения функционирования Международной космической станции (МКС): приведены результаты анализа эффективности выполнения программы научно-практических исследований на российском сегменте (РС) МКС; рассмотрены перспективы развития комплекса целевых нагрузок для выполнения долговременной программы научных экспериментов на РС МКС; проанализирован опыт реализации программы научных экспериментов на МКС; рассмотрены первые результаты использования фотоспектральной системы ФСС в эксперименте «Ураган»; рассмотрены методы обработки информации в задачах изучения катастрофических явлений с борта МКС. Группа работ представлена сотрудниками ГК НПО им. М.В. Хруничева: проанализированы возможности использования методов машинного проектирования при выборе проектных параметров пилотируемых космических комплексов; изложена концепция Центра по созданию многофазовой ракетно-космической системы первого этапа; приведены результаты анализа средств выведения для пилотируемых полётов на Марс; рассмотрены проектные аспекты использования искусственной тяжести при межпланетных перелётах.

**Редакционная коллегия:** М.Я. Маров (председатель), В.В. Балашов, Ю.В. Бирюков, Н.Б. Бодин, М.Н. Бурдаев, В.В. Воробьёв, Т.Н. Желнина, В.П. Казаковцев, В.В. Казютинский, Е.Н. Кузин, В.И. Маврицкий, Ю.А. Матвеев, Э.И. Мацнев, Г.А. Полтавец, В.И. Флоров, О.С. Цыганков

**Ответственные секретари:** Н.Г. Белова, В.М. Чеснов

**Ответственные редакторы:** канд. техн. наук В.В. Балашов, доктор техн. наук М.Ю. Беляев, Т.Н. Тянь, ученые секретари С.В. Тимошенко, Т.О. Цейтлина

**Литературный редактор:** Е.В. Абакумова

ISBN 978-5-94541-073-2

© Центр Оперативной Печати, 2011  
© Российская Академия наук, 2011  
© Государственный музей истории космонавтики  
им. К.Э. Циолковского, 2011

*Уверяю Вас, человек полетит в Космос на ракете...Конечно, это будет русская ракета, и, конечно, полетит на ней русский человек...*

*Пройдет еще не более 30-40 лет, наука вплотную приблизится к космическому рейсу.*

*Этот счастливый день станут считать первым днем космической эры в жизни человечества. Этот день и имя первого космонавта войдут в историю человечества*

**К.Э. Циолковский**

**Секция**

## **«ПРОБЛЕМЫ РАКЕТНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ»**

2. Модели развития систем // Материалы научно-практической конференции «Бизнес и образование». Омск, Изд-во «Прогресс» Омского института предпринимательства и права, 2004.
3. Терехова С.А. Нейросетевые информационные модели сложных инженерных систем // <http://www.ch70.chel.su>. Лаборатория Искусственных Нейронных Сетей, Российский Федеральный Ядерный центр – Всероссийский НИИ Технической Физики.
4. Поспелов Г.А. Математическое моделирование экономических систем (презентация) // ВЦ РАН, Отдел математического моделирования.
5. Саркисян С.А., Минаев Э.С. Экономическая оценка летательных аппаратов. М., Машиностроение, 1972.
6. Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks: Методология и технологии современного анализа данных. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – 392 с.
7. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 655 с.
8. Штовба С.Д. Проектирование нечётких систем средствами MATLAB. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2007. – 288 с.
9. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH. СПб., «БХВ – Петербург», 2005.
10. Zadeh L. Fuzzy Sets // Information and Control. – 1965. – №8. – P. 338-353.
11. Иберла К. Факторный анализ. М., «Статистика», 1980.
12. Toroczkai Z. Complex Networks. The Challenge of Interaction Topology // Los Alamos Science, №29, 2005.
13. Барабаш А.-Л., Бонабо Э. Безмасштабные сети // «В мире науки», №8, 2003. С. 54 – 63.
14. Albert R., Barabasi A.-L. Statistical mechanics of complex networks // Reviews of Modern Physics, V. 74, January 2002.

## Payload Ground Segment of the EnMAP Mission

*K.-D. Missling<sup>1</sup>, H. Damerow<sup>1</sup>, M. Habermeyer<sup>2</sup>, H. Kaufmann<sup>3</sup>, H. Maass<sup>1</sup>,  
H. Mühle<sup>2</sup>, R. Müller<sup>2</sup>, J. Schwarz<sup>1</sup>, T. Storch<sup>2</sup>, M. Tegler<sup>1</sup>, T. Tian<sup>4</sup>*

German Aerospace Center (DLR)  
Applied Remote Sensing Cluster (CAF)  
D- 17235 Neustrelitz, Kalkhorstweg 53<sup>1</sup> D-82234 Weßling<sup>2</sup>  
Germany

Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)  
Telegrafenberg, D-14473 Potsdam<sup>3</sup>, Germany

GEOMIR<sup>4</sup>  
Olimpiysky prospekt, 50;  
Mytischy, Moscow area, Russia

### 0. Abstract

The German Aerospace Center DLR – namely the Applied Remote Sensing Cluster CAF and the German Space Operations Center GSOC – is responsible for the establishment of the ground segment of the future German hyper-spectral satellite mission EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Program-<http://www.enmap.org>, planned launch 2014).

The Applied Remote Sensing Cluster has not only a long standing experiences with air- and spaceborne processing and analysis of hyper-spectral image data but also with building and operation of payload ground segments for a multitude of missions.

This paper gives an overview of the mission and its elements. It mainly deals with the operational and automatic chain from reception via processing to delivery.

### 1. General

Considering the technical development of remote sensing of the last 30 years we can experience a significant improvement of spatial resolution, e.g. Landsat MSS (80 m) to IKONOS (1 m). This development benefits applications like pattern recognition or derivative of DTMs (digital terrain model). The spectral resolution lagged behind this progress. Two spaceborne hyperspectral instruments are currently operated for civil earth observation in technical

demonstration missions (HYPERION (NASA/USGS) and CHRIS (ESA)) [1.]. So the provided spectral resolution in routine operations is not sufficient to identify most surface materials. But now several missions are in the planning pipeline which can complement traditional optical missions (e.g. LDCM - Landsat Data Continuity Mission) by hyperspectral components. Beside PRISMA (ASI), HISUI (METI) and HypSIRI (JPL) the German EnMAP-mission belongs to it.

This national mission is managed by the German space agency (DLR) which has contracted OHB technology AG, which is responsible for the space segment incl. launcher. The EnMAP ground segment will be constructed and operated by DLR. EnMAP is dating from a Call for Proposals for a national future Earth observation mission by DLR Agency in 2003. In 2004 two mission concepts have been selected: the SAR Interferometry Mission TanDEM-X (launch 21.06.2010) and the Hyperspectral Mission EnMAP. The mission preparation is now in Phase D: Production, Test, Verification and Validation. The launch with PSLV is envisaged for 2014.

The major objectives of the EnMAP mission are to measure, derive, and analyze diagnostic parameters, which describe vital processes on the Earth's land and water sites. Those geochemical, biochemical, and biophysical parameters are assimilated in physically based ecosystem models, and ultimately provide information reflecting the status and evolution of various terrestrial ecosystems.

## 2. Mission in detail



**Figure 1 EnMAP orbit and payload ground station**

The size of the satellite is in the range of 3.1 m x 1.7 m x 1.3 m. with a total mass of 850 kg (sensor HSI 170 kg). It is designed for an average power consumption of ca. 450 W. The mass memory has a planned capacity of 512 Gbit. The EnMAP satellite will be operated on a sun-

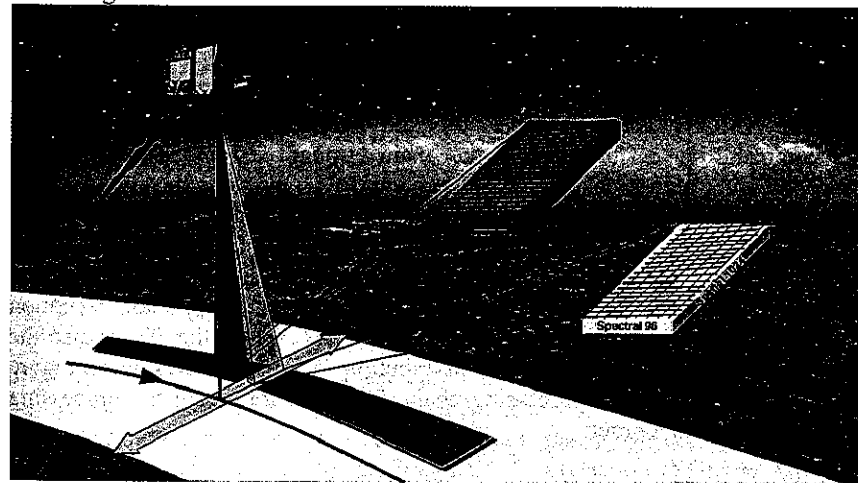
synchronous orbit at 643 km altitude with an inclination of 97.96° and Orbital period of nearly 98 minutes. The Equator crossing time is designated with 11:00 h Local Time of Descending Node. This allows a maximum reflected solar input radiance at sensor with an acceptable risk for cloud coverage. The mission requires a pointing accuracy better than 500 m and a pointing knowledge better than 100 m. Operational Lifetime is planned with 5 years

The satellite (s. Figure 2) will have an across-track tilt capability of  $\pm 30^\circ$  which enables a revisit time of four days. The instrument (Hyperspectral Imager, HIS) will cover a spectral range from 420 nm to 2450 nm. This will be performed by 2 detector arrays for

- VNIR (visible and near infrared,  $420 \text{ nm} < \lambda < 1000 \text{ nm}$ , Thermally controlled to 0.1 K) with approximately 96 spectral channels, i.e. 6.5 nm spectral resolution, and for
- SWIR (shortwave infrared,  $900 \text{ nm} < \lambda < 2450 \text{ nm}$ , Actively cooled: 150 K) with approximately 136 spectral channels, i.e. 10 nm spectral resolution,

each with a dynamic range of 14 bits. FOV (Field Of View) separation will amount 88 msec corresponding to 600 m on ground. The pixel size is nearly  $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$  which lead to a swath width of 30 km [2.].

The system performance is designed for up to 50 data takes per day with total length of more than 5000 km whereas a single data take can have a maximum track length of 1000 km.



**Figure 2 Instrument Characteristics**

### 3. Ground Segment

The Ground Segment interconnects the EnMAP User Segment with the Space Segment. Observation requests from users of several categories will result in telemetry commands. From acquired HIS data the ground segment will derive calibrated products for the users (s. Figure 3).

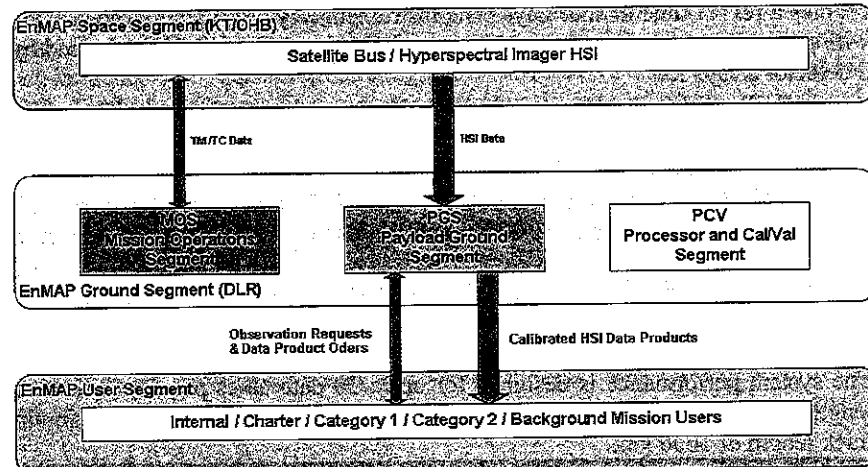


Figure 3 Ground segment Elements

The Groundsegment consists of 3 specialized elements. The Mission Operations Segment (MOS) is responsible for the satellite operation. Telemetry/Telecommand is performed via the main ground station Weilheim. The Processor and Calibration/ Validation segment (PCV) monitors the quality of the HIS data, validates new calibration data sets and possibly updates the data processors.

The Payload Ground Segment interconnects all Mission elements via the inherent Data and Information Management System (DIMS). Main reception station for the 320 Mbps- payload telemetry is DLR Neustrelitz. There also the systematic processing, archiving and distribution of products takes place. Figure 4 shows the three-stages processing chain. User can formulate the processing status in the product order.

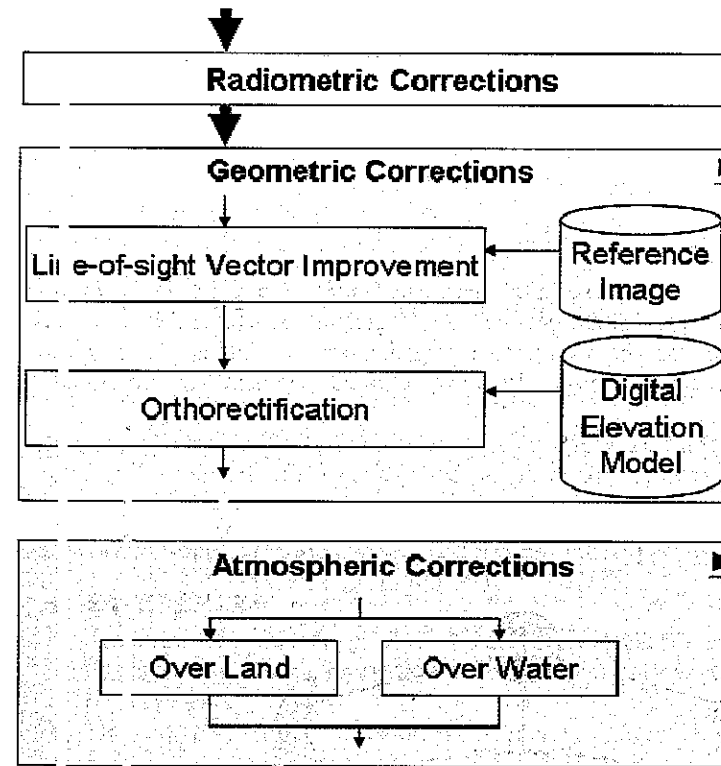


Figure 4 Processing Chain

Only radiometric corrected products are possible just as fully corrected data sets. Objective target was also to minimize the number resampling steps in the processing chain.

The Level 1 processor will correct the hyperspectral image for known effects, e.g. radiometric non-uniformities, and will convert the system corrected data to physical at-sensor radiance values based on the currently valid radiometric calibration values and dark current measurements.

The Level 2geo processor will create orthoimages by direct georeferencing utilizing an adequate digital elevation model. The extraction of Ground-Control-Points from existing reference images by image matching techniques - if

suitable reference images are available - serve to improve the Line-of-Sight vector and therefore to increase the geometric accuracy of the orthoimages. The Level 2atm processor will convert the physical at-sensor radiance values to surface reflectance values separately for land and water applications. This includes the estimation of the aerosol optical thickness and the columnar water vapor. [3.]

#### 4. Scientific Use

The Groundsegment provides a two-part user portal (Figure 5). At the EnMAP portal ([www.enmap.org](http://www.enmap.org)) the user can obtain general mission information. This includes information about Objective, Organization and Status of the mission. All mission elements (Sensor, Platform, Ground Segment) are described in detail.

Via this entry point the user will be directed to the EnMAP data access portal. There he can plan Earth observations, tasking the satellite for Earth observations (different data products) or calibration purposes, browse and order for existing EnMAP data, submit a proposal for EnMAP data and track the proposal status

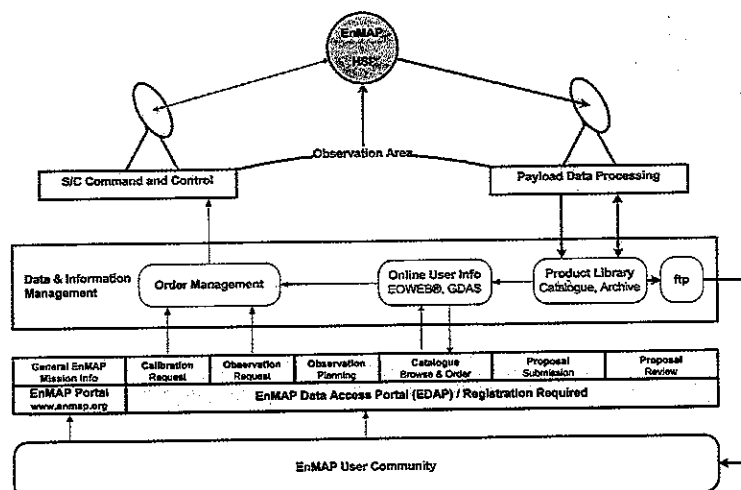


Figure 5 EnMAP user portals

If a scientific proposal is accepted the user can determine several parameters to task an Earth Observation:

- Area of Interest
  - Mono- or Multitemporal
  - Time window
  - Allowed tilt angle (Quasi Nadir:  $0^\circ - \pm 5^\circ$  or Off-Nadir:  $\pm 5^\circ - \pm 30^\circ$ )
  - 
  - Cloud coverage
  - necessity of sun-glint avoidance
- and to determine the product generation (s. Figure 4)
- Data product type (L1, L2atm, L2geo, L2)
  - Atmospheric correction type (land or water)

#### 5. Conclusion

EnMAP is primarily considered as an environmental research satellite. The priority of this mission will be given to Science Community. Phase C is completed, Phase D in work. The Launch is scheduled for 2014. The payload Groundsegment will provide data products up to Level 2 - Ortho-rectified and atmospherically corrected data.

The mission is open for international partnerships with respect to data utilization

#### 6. REFERENCES

- [1.] Guelman, M.; Ortenberg, F. (2009): Small Satellite's Role in Future Hyperspectral Earth Observation Missions. *Acta Astronautica*, 64(11-12), pp. 1251-1262.
- [2.] Mogulsky, V.; Hofer, S.; Sang, B.; Schubert, J.; Stuffer, T.; Müller, A.; Chlebek, C.; Kaufmann, H. (2009): EnMAP Hyperspectral Imaging Sensor On-Board Calibration Approach. In: *EARSel SIG-IS Workshop*; Tel Aviv, Israel.
- [3.] <http://www.enmap.org>