



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Jan Červený

**VYUŽITÍ DATOVÝCH ZDROJŮ SATELITNÍCH DAT
V DOPRAVĚ**

Bakalářská práce

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K620..... Ústav dopravní telematiky

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Jan Červený

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Využití datových zdrojů satelitních dat v dopravě**

Název tématu (anglicky): Application of Satellite Data Sources in Transportation
Domain

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Vyberte dílčí zdroj satelitních dat
- Popište systém příjmu a obecného zpracování satelitních dat
- Popište vybraný konkrétní datový zdroj
- Navrhněte algoritmus zpracování tohoto zdroje
- Aplikujte datový zdroj na konkrétní téma v oblasti dopravy



Rozsah grafických prací: standardní

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Thematic Mapping from Satellite Imagery: a Guidebook,
Edited by: J. Denègre
ISBN: 978-0-08-042351-7

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.**
Ing. Ivan Boyarkin

Datum zadání bakalářské práce: **27. října 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **28. srpna 2017**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravní telematiky



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Jan Červený
jméno a podpis studenta

V Praze dne 27. října 2016

Poděkování

Úvodem bych rád srdečně poděkoval všem, kteří mě provázeli a podporovali při mém studiu a při psaní této bakalářské práce. Především bych chtěl poděkovat panu doc. Ing. Pavlu Hruběšovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování bakalářské práce a za rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. Dále bych chtěl poděkovat panu PhDr. Viktoru Fuglíkovi, Ph.D a panu Mgr. Pavlu Jurušovi, Ph.D. za konzultace v průběhu studia a umožnění přístupu k mnoha důležitým informacím. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat také svým rodičům a blízkým za morální podporu po dobu studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě svoji bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/200 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Klatovech dne 20. srpna 2017

.....

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

VYUŽITÍ DATOVÝCH ZDROJŮ SATELITNÍCH DAT
V DOPRAVĚ

bakalářská práce

2017

Jan Červený

Abstrakt

Tato bakalářská práce „Využití datových zdrojů satelitních dat v dopravě“ se zaměřuje na problematiku satelitních dat. Zabývá se vznikem dat pro produkt, jeho doručení na vzdálený počítač a následnými možnostmi jeho zpracování. Zpracování je názorně ukázáno na konkrétním produktu „Teplota zemského povrchu“. Část práce je věnována porovnání softwarů pro zobrazení vybraného produktu a vyhodnocení vhodnosti použití softwaru na základě cíle zpracování. V závěru práce jsou naznačeny možnosti využití datového zdroje v dopravě.

Klíčové termíny

Doprava, satelitní data, geostacionární družice, Meteosat druhé generace, SEVIRI, teplota zemského povrchu, bakalářská práce, zpracování satelitních dat, doručení satelitních dat

Abstract

This bachelor thesis "Application of Satellite Data Sources in Transportation Domain" directs on issues about satellite data. It deals with creation of data for product, its delivering to remote computer and further possibilities of processing the data. Processing is graphically shown on the product "Land surface Temperature". Part of the thesis is presented by comparison of several software's using to picture the particular product and evaluation of suitability to using particular software on basis the aim of process. In the end of the thesis are hinted the possibilities of using the particular data source in traffic.

Key Terms

Transport, satellite data, geostationary satellites, Meteosat Second Generation, SEVIRI, Land Surface Temperature, bachelor's thesis, satellite data processing, satellite data delivery

Obsah

Seznam použitých zkratek	6
1. Úvod	10
2. Výběr a popis datového zdroje.....	12
2.1. Popis služby GEONETCast	12
2.2. Product Navigator	14
2.3. Teplota zemského povrchu - LST	16
3. Satelity MSG a nástroj SEVIRI.....	19
4. Dostupnost a doručování dat	22
4.1. Doručení dat přes EUMETCast.....	22
4.2. Doručení přes EUMETCast datové centrum	26
4.3. Další možnosti doručení satelitních dat.....	27
5. Práce s daty.....	28
5.1. Extrahování dat	28
5.2. Zobrazování dat v HDFView	29
5.3. Zobrazování dat v Panoply	30
5.4. Zobrazování dat v HDF Viewer	32
5.5. Vyhodnocení zobrazovacích programů.....	33
6. Možné využití v dopravě	35
7. Závěr	38
8. Použitá literatura.....	40
9. Seznam obrázků.....	42
10. Seznam tabulek	43
11. Seznam příloh	43

Seznam použitých zkratek

AHRPT	Advanced High Resolution Picture Transmission <i>Pokročilý přenos snímků ve vysokém rozlišení</i>
AV ČR	Akademie věd České republiky
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometr <i>Pokročilý radiometr s vysokým rozlišením</i>
CET	Central European Time <i>Středoevropský čas</i>
CMA	China Meteorological Administration <i>Čínský meteorologický úřad</i>
CMD	Command Prompt <i>Příkazový řádek</i>
CODA	Copernicus Online Data Access <i>Přístup k online datům Copernicus</i>
DCP	Data Collection Platform <i>Platforma sběru dat</i>
DVB	Digital Video Broadcasting <i>Zemské digitální vysílání</i>
DVB S2	Digital Video Broadcasting – Satellite – Second Generation <i>Druhá generace satelitního vysílání audiovizuálních streamů a doprovodných dat</i>
ESA	European Space Agency <i>Evropská kosmická agentura</i>
ETCS	European Train Control System <i>Evropský vlakový zabezpečovací systém</i>

FTP	File Transfer Protocol <i>Protokol přenosu souborů</i>
GEO	Group on Earth Observation <i>Skupina pro pozorování Země</i>
GEOSAR	Geographic Synthetic Aperture Radar <i>Geografický syntetický aparturní radar</i>
GEOSS	Global Earth Observation System of Systems <i>Globální systém pozorování Země</i>
GERB	Global Earth Radiation Budget <i>Globální vyzařování země</i>
GNU GPL	GNU General Public License <i>Všeobecná veřejná licence GNU</i>
GSW	Generalised Split-Window <i>Generovaná rozdělená okna</i>
HRPT	High Resolution Picture Transmission <i>Přenos snímků ve vysokém rozlišení</i>
HRV	High Resolution Visible <i>Vysoké viditelné rozlišení</i>
IGBP	International Geosphere-Biosphere Programme <i>Mezinárodní program pro geosféru a biosféru</i>
Land-SAF	Land Satellite Application Facility <i>Aplikační zařízení pozemních družic</i>
LST	Land Surface Temperature <i>Teplota zemského povrchu</i>

Mbps	Megabite per second <i>Megabit za sekundu</i>
MC	Midnight Comannder
MIT	Massachusetts Institute of Technology <i>Massachusettský institut technologií</i>
MSG	Meteosat Second Generation <i>Meteosat druhé generace</i>
MTG	Meteosat Third Generation <i>Meteosat třetí generace</i>
NASA	National Aeronautics and Space Administration <i>Národní úřad pro letectví a kosmonautiku</i>
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Admistration <i>Národní úřad pro Oceán a atmosféru</i>
NRT	Near Real Time <i>Téměř reálný čas</i>
NSMC	National Meteorological Center <i>Národní meteorologické centrum</i>
NTC	Non Critical Time <i>Nekritický čas</i>
NWC SAF	Nowcasting Satellite Application Facilities <i>Nynější zařízení pro satelitní aplikace</i>
PHP	Hypertext Preprocessor <i>Hypertextový preprocesor</i>
RDS-TMC	Radio Data System – Traffic Message Channel <i>Rádiový Datový systém – Kanál dopravních zpráv</i>

SCP	Secure Copy <i>Zabezpečená kopie</i>
SEVIRI	Spinning Enhanced Visible and Infra-red Imager <i>Rotační zobrazovač viditelných a infračervených vln</i>
SFTP	SSH File Transfer Protocol <i>SSH protokol přenosu souborů</i>
SSH	Secure Shell <i>Zabezpečený protokol pro přenos souborů SSH</i>
STC	Short Time Critical <i>Krátký kritický čas</i>
SZA	Satellite Zenith Angles <i>Zenitový úhel satelitu</i>
T2m	Temperature at 2 Meters <i>Teplota ve 2 metrech</i>
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol <i>Primární přenosový protokol/protokol síťové vrstvy</i>
TOA	Top of Atmosphere <i>Vrchol atmosféry</i>

1. Úvod

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo připravit manuál a pomocný materiál pro studenty fakulty, kteří by se chtěli věnovat zpracováním satelitních snímků a hledat spojitosti mezi daty ze satelitů a dopravou. Nelze však tuto práci brát jako přesný postup, jak bude dále zmíněno, některé kroky ve zpracování se liší zvoleným doručením dat nebo zvolením produktu. Veškeré mé hodnocení programů nebo formátů je individuální a záleží na mnoha aspektech, jako jsou zkušenosti při práci s počítačem, vytyčené cíle práce s daty, programátorské schopnosti a znalosti jednotlivých programovacích jazyků. Veškeré obory ve spojitosti s informatikou se velmi rychle vyvíjí, proto nemohu zaručit aktuálnost informací ve větším časovém horizontu a je potřeba, aby si čtenář, který bude chtít informace z této práce použít, nejprve ověřil, zda jsou stále relevantní a využitelné.

S kolegou Štěpánem Zaoralem, jsme jedni z prvních, kteří se této oblasti na Fakultě dopravní věnují a chceme tak studentům přiblížit práci s daty, pomoci s výběrem vhodného produktu a jeho grafickým zpracováním. Problematikou satelitních dat jsem se zabýval necelé 3 semestry a chci touto cestou své zkušenosti předat ostatním. Jelikož práce není rešeršní, nedokáži obsáhnout veškeré možnosti. Zabýval jsem se vždy vybranými produkty, programy nebo řešeními, které jsem mezi sebou porovnal a snažil se vybrat nejlepší cestu, jak dosáhnout optimálního výsledku. Cílem této práce je pomoc s grafickým výstupem z produktů, pro využití dat pro predikce, výpočetní modely atd.

Na začátku mé práce v kapitole s názvem „Výběr produktu“ se snažím čtenáře seznámit s webovou stránkou Product navigator, která sdružuje produkty používané či vyvíjené po celém světě, následně jsem vybral svůj produkt a zdůvodnil tento výběr. Dále jsem zde připravil výtah z dokumentace produktů a společnosti, která je vytvořila. Tato kapitola je velmi úzce spjatá s šestou kapitolou, kde se věnuji z větší části popisování využití vybraných produktů v dopravě. Následně zmíním několik využití, na které jsem během svého studia narazil. Většina z nich jsou stále pouze univerzitní, ale existuje již několik pokusů o komerční využití dat.

Třetí kapitola je věnována satelitům MSG, na jejichž datech jsou mé zvolené produkty založeny. Budu se zabývat historií, vlastnostmi, doručováním dat na zem, propojením s jinými satelity, jednotlivými nástroji a budu se tak snažit čtenáři přiblížit funkci satelitů MSG. Zmíněn bude také vlastník satelitů, jeho strategie pro rozvoj využití dat a budoucnost satelitů MSG.

V kapitole čtyři jsou rozebrány možnosti doručení, pokusil jsem se vysvětlit odlišnosti v cestách doručení, různých formátech a různých stupních zpracování dat. Jedná se

o klíčové vlastnosti dat, které musíme promýšlet při volbě softwarového řešení. Ukázána je práce s SSH serverem, který se nachází na FD ČVUT, jsou zde doporučeny programy pro snadné prohlížení i stahování a zmíněna je i možnost objednání přímo od dodavatele dat.

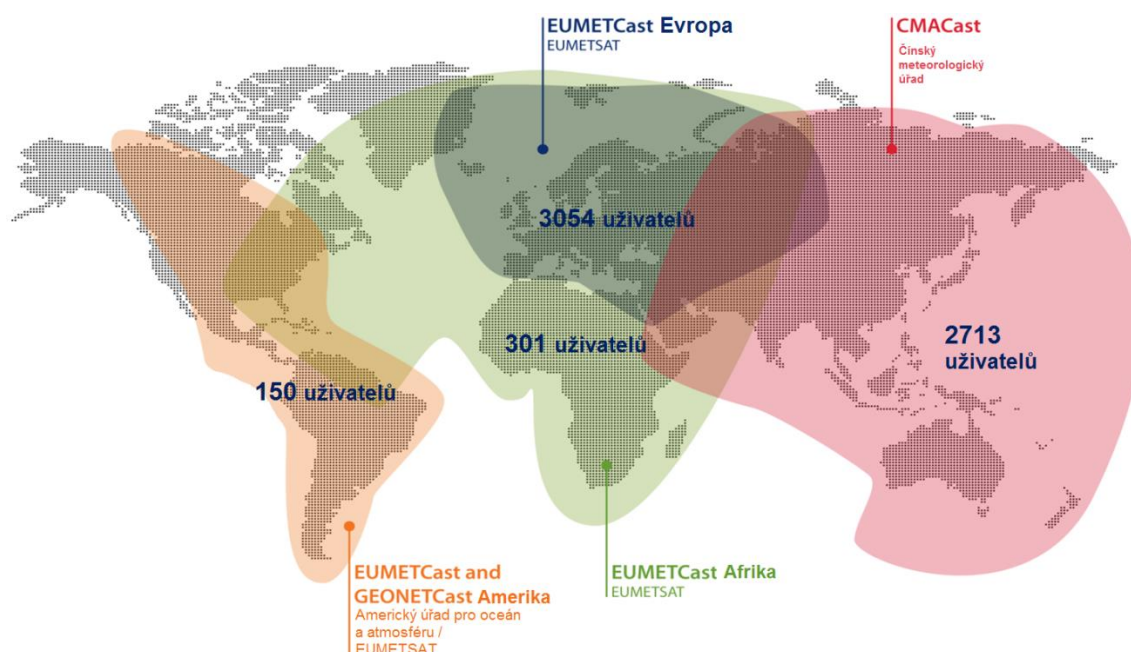
Další kapitola je pojata jako pracovní, jsou zde zmiňovány použité zdroje a formáty. Doplněny jsou také vlastní zkušenosti s jednotlivými formáty a programy. Podstatnou informací je, že veškeré mnou používané programy jsou distribuovány jako freeware nebo programy s trial verzí. Kapitola se skládá ze dvou oddělených částí, kdy v první části se snažím data co nejlépe a nejefektivněji připravit, extrahovat a otevřít. Ve druhé části jsem testoval zobrazovací programy a porovnávám je v mnoha aspektech. Za důležité aspekty lze považovat: náročnost použití, nastavování zobrazení, ukládání a spojování obrazů, náhled do matic dat, časová náročnost, softwarové prostředí, filtrace a čistota zobrazení, doplnění chybějících dat a filtrace dat.

2. Výběr a popis datového zdroje

2.1. Popis služby GEONETCast

Majitelem serveru, ze kterého jsem produkt vybíral je organizace GEO. Jedná se o celosvětovou organizaci propojující pozorovací systémy. Organizace GEO zajišťuje efektivní a včasné šíření informací o Zemi, které jsou získávané prostřednictvím pozorovacích systémů a poskytnuty členům využívající GEOSS. Nicméně propojení pozorovacích systémů vyžaduje společné normy, architekturu a pravidla pro sdílení dat. Architektura odkazuje na způsob, jakým budou komponenty navrženy, aby pracovaly jako celek. Veškeré komponenty systému GEOSS musí být uvedeny v registru a musí být nakonfigurovány tak, aby systém komunikoval s ostatními systémy. Každý člen skupiny uživatelů GEOSS se musí hlásit k zásadám sdílení dat GEO, jejímž cílem je zajistit plnou a otevřenou výměnu dat produktů. Pro uživatele bez dobrého přístupu k internetu GEO zavedla GEONETCast, což je systém čtyř telekomunikačních družic, které přenášejí data do levných přijímacích stanic. [1] [2]

GEONETCast je založen na spolupráci mezi Čínou (CMA), EUMETSAT, USA (NOAA), ale díky otevřené architektuře mohou další partneři v budoucnu přibývat. Jak můžeme vidět na obrázku 1, služby využívá napříč světem přes 6 000 lidí z více než 169 zemí a jelikož je jedním z cílů GEO rozšiřovat kruhy uživatelů, dá se očekávat nárůst uživatelů i komunity.



Obrázek 1: Zobrazení dostupnosti GEONETCast

<http://www.cma.gov.cn/en2014/international/features/201409/W020140924329843200443.jpg>, upraveno

Velké množství nabízených produktů zahrnuje předpovědi počasí, složení atmosféry, námořní meteorologie, oceánografie, hospodaření s půdou a díky tzv. „Training Channel“ poskytuje každému možnost data využít pro svoji potřebu nebo realizovat svůj projekt. Nespornou výhodou GEONETCastu je možnost přenášet data tzv. „ad hoc“ díky „Disaster Channel“, který je dostupný na nízkorychlostním internetu nebo tam, kde byly pozemní komunikační linky přerušeny katastrofou. Díky tomuto kanálu je také schopen dodávat data do programů International Charter on Space and Major Disasters (Mezinárodní charta vesmíru o velkých katastrofách). Veškeré tyto aktivity může GEONETCast provozovat pouze díky svým třem největším poskytovatelům dat: EUMETCast, CMACast, GEONETCastAmerika. [3]

EUMETCast byl založen v roce 2002 a již od začátku docházelo k rychlému růstu např. vysílacího systému EUMETSATu pro informace o životním prostředí s pokrytím celé Evropy, Afriky a části Ameriky. Významnými změnami prošel v roce 2010, kdy byly do systému zahrnuty toky informací z Meteo-France RETIM. Systém je rozdělen na tři podskupiny, jak můžeme vidět na obrázku 1, primární EUMETCast Evropa a dvě DVB obrátové služby EUMETCast Afrika a EUMETCast Amerika. Architektura je založena na Ku-Bandu, který je umístěn na stanici Meteosat druhé generace v Usingen – Německo, pomocí transpondéru Eurobird. Služba byla založena v lednu 2009, do té doby byla využívána HotBird-6. Po zvýšení šířky pásma v roce 2010 činí rychlost 16,5 Mbps. EUMETCast Afrika využívá C-band transpondéru na palubě satelitu Atlantic-Bird 3 ve spojení se stanicí umístěnou ve Fucinu – Itálie, čistá šířka pásma se pohybuje okolo 2,55 Mbps. EUMETCast Amerika, jako druhá obrátová služba, využívá C-band transpondéru na palubě satelitu NSS-806, čistá přidělená šířka pásma je 1,8 Mbps. Registruje přes 4 000 přijímacích stanic a více než 3 400 uživatelů, kteří nejčastěji využívají data ohledně životního prostředí. Jedná se o rozmanitou komunitu meteorologických a prognostických středisek a amatérských nadšenců, kteří se o dálkový průzkum země zajímají. [1] [3]

CMACast (FengYunCast) je čínský poskytovatel dat s pokrytím asijsko-pacifického regionu, který využívá 6 satelitů AsiaSat 4-9, z toho AsiaSat 4 je používán jako C-band transpondér. Je provozován NSMC a svými prostředky dokáže oslovit přes 2 500 uživatelů ve 20 zemích. Plná integrace dat do systému byla zprovozněna v první čtvrtině roku 2011. [3]

V roce 2007 dodala NOAA povolení pro přístup GEONETCastu Amerika, který již začátkem roku 2008 spustil své služby. Ve více než 10 zemích západní polokoule využívá tyto služby pouze pár stovek uživatelů, v nejbližší době se očekává strmý nárůst uživatelů a to hlavně ve vysokoškolské sféře. [3]

2.2. Product Navigator

Nejsnadnějším nástrojem, jak si vybrat nejlepší produkt pro naši práci, jsou tzv. Product Navigatory, které jsou umístěny na stránkách EUMETSAT, NOAA, GEONETCast, CMA a dalších. Jedná se o součást systému GEOSS a podléhají jeho architektuře, jsou tedy navrženy tak, aby uživatelům po celém světě nabízely širokou škálu environmentálních dat zpracovaných do mnoha produktů. Přidruženy jsou nejen data z geostacionárních družic, ale i data z pozemních aplikačních segmentů. S daty poté probíhá tzv. dvoustranná výměna mezi EUMETSAT, NOAA a CMA, která je naznačená na obrázku 2.



Obrázek 2: Zobrazení výměny dat v GEONETCast

https://www.earthobservations.org/images/articles/2016_geonetcast_users.png, upraveno

Z mého pohledu se jako stránka s nejlepší přehledností pro vyhledávání produktů ukazuje na obrázku 3 zobrazený Product Navigator GEONETCastu, který je velmi intuitivní a nabízí k datu 21.7.2017 439 produktů. Jeho vyhledávání je spolehlivé a filtrování velmi obsáhlé. Můžeme si zde vybrat z mnoha aspektů, jako jsou:

- Kategorie
- Sociální přínos
- Poskytovatel produktu
- Družice
- Nástroj
- Pokrytí
- Šíření
- Stav produktu.

The screenshot shows the GEONETCast Product Navigator interface. At the top, there is a search bar and a navigation menu with categories like 'Category', 'Societal Benefit', 'Product Provider', 'Satellite', 'Instrument', 'Coverage', 'Dissemination', and 'Product Status'. Below the search bar, there are 439 results found. The interface displays a list of products, each with a title, product provider, societal benefit area, and status. The products listed are:

- Absolute Dynamic Topography - Multimission**: Product Provider CNES, Societal Benefit Area Climate, Status. Description: Along-track sea surface heights above geoid, dynamic topography is the sum of sea level anomaly (SLA) and mean dynamic topography (MDT, Rio05 here). Mono altimeter satellite product homogeneous with other satellites. Available in delayed time or near-real time. Only Jason-2 and SARAL data are available on EUMETCast.
- Absolute Sea Level Anomaly - Jason 2 - Mozambique**: Product Provider CNES, Societal Benefit Area Climate, Status. Description: Along-track sea surface heights computed with respect to a seven-year mean. Mono altimeter satellite product homogeneous with other satellites available in near real time.
- Absolute Sea Level Anomaly - Multimission**: Product Provider CNES, Societal Benefit Area Climate, Status. Description: Along-track sea surface heights computed with respect to a seven-year mean. Mono altimeter satellite product homogeneous with other satellites. Available in delayed time or near-real time. Only Jason-2 and SARAL data are available on EUMETCast.
- Absolute Sea Level Anomaly - SARAL - Mozambique**: Product Provider CNES, Societal Benefit Area Climate, Status. Description: Along-track sea surface heights computed with respect to a seven-year mean. Mono altimeter satellite product homogeneous with other satellites available in near real time.

Obrázek 3: Product Navigator GEONETCast – 1.stupeň

<http://147.32.101.75/product-navigator/indexer.html>

Důležitou informací ovšem je, že v systému GEOSS mají všechny Product Navigatory stejný druhý stupeň stránek tzn. každá společnost si u svého Product navigatoru může navrhnout vlastní 1. stupeň stránek (vyhledávání, filtrování, zobrazení produktů), 2. stupeň již musí být naprosto totožný informačně i grafickou podobou, kterou lze vidět na obrázku 4. Nabízí 4 záložky: popis produktu, kategorizaci, distribuci a metadata.

The screenshot shows the details page for 'Land Surface Temperature - MSG'. The page has four tabs: 'Description', 'Categorisation', 'Distribution', and 'Metadata'. The 'Description' tab is active, showing the following information:

- Description**: EO:EUM:DAT:MSG:LST-SEVIRI
- Collection Name**: Land Surface Temperature - MSG
- Acronym**: LST-SEVIRI, LSALST, LSA-001
- Description**: Land Surface Temperature (LST) is the radiative skin temperature over land. LST plays an important role in the physics of land surface as it is involved in the processes of energy and water exchange with the atmosphere. LST is useful for the scientific community, namely for those dealing with meteorological and climate models. Accurate values of LST are also of special interest in a wide range of areas related to land surface processes, including meteorology, hydrology, agrometeorology, climatology and environmental studies.
- Product Status**: Operational
- Date**: creation: 2009-03-23, revision: 2010-11-15
- Time Range**: Begin: 2009-03-31, End: -
- Geographic Bounding Box**: West Bound Longitude: -79.0, East Bound Longitude: 79.0, North Bound Latitude: 81.0, South Bound Latitude: -81.0
- Point of Contact**: Role: originator, Originating Centre: SAF on Land Surface Analysis, Short name: LSA-SAF, URL: <http://lsa-saf.eumetsat.int>, Telephone: -, Fax: -, Address: Rua C ao Aeroporto, City: 1749-077 Lisbon Lisbon, Administrative Area: Instituto Português do Mar e Atmosfera, Country: Portugal, E-Mail: helodes@landsaf@pma.pt

Obrázek 4: Product Navigator GEONETCast – 2. stupeň

http://147.32.101.75/product-navigator/details/EO_EUM_DAT_MSG_LST-SEVIRI.html

Při otevření některého z produktů se dostaneme do již zmíněného 2. stupně stránky. Každý produkt se otevře na svém popisu, kde se dočteme o společnosti, která produkt vytvořila, o datech od kdy je produkt možno používat, o URL odkazech na technické zprávy a hlavně o geografických omezeních produktu (zeměpisná šířka, délka). Každý produkt podléhá kategorizaci. Z mého pohledu je nejužitečnější z této záložky položka sociální přínos (počasí, katastrofy, podnebí, zemědělství, ekosystém, atd.). Nejdůležitější informace pro následné zpracování produktu jsou jednoznačně v záložce distribuce. Zde se dozvíme intervaly

doručování dat, formáty jednotlivých dat, modelové názvy, podle kterých můžeme následně produkt hledat. Více informací o formátech naleznete v příloze č. 3. Pokud hledáme produkty pro využití v tématech, která nejsou definována, například jako v mé práci, kde se budu snažit data aplikovat na problémy v dopravě, je nutné vyhledávat dle parametrů, které nám negativně neomezí výběr produktů. [4]

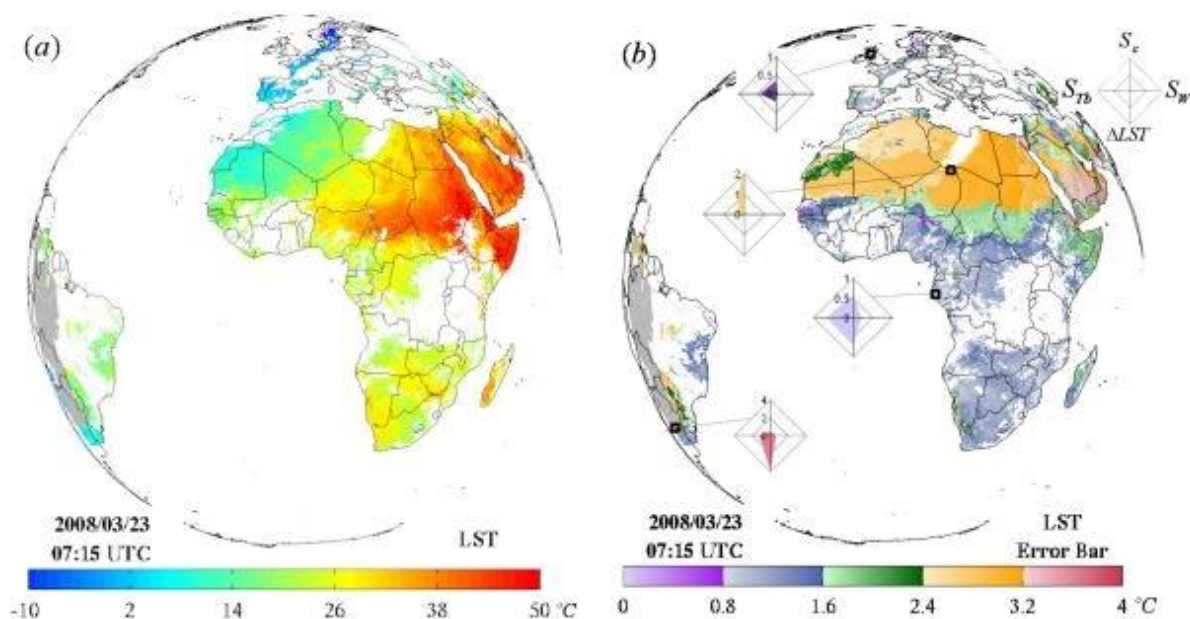
2.3. Teplota zemského povrchu - LST

Pro výběr produktu musíme použít filtrování v 1. stupni stránky a omezit výběr podle kritérií, kterými jsme si jisti, abychom si špatným výběrem neodfiltrovali užitečné produkty. V mém případě jsem si nastavil pokrytí Evropa, sociální přínos-Energie, družice MSG a stav produktu v provozu. V kategorii sociální přínos jsem si energii vybral z více důvodů. Propojení mezi životním prostředím a dopravou vidím právě v energii z přírodních zdrojů a promítnutím environmentálních dat do dopravy. Tím zvýšit její bezpečnost a plynulost, snížení počtů excesů a dopadu dopravy na životní prostředí. Výběrem produktu Land Surface Temperature – MSG se chci věnovat spíše jako zdroji environmentálních dat a jejich využití pro zlepšení kvality dopravy. Využití tohoto produktu můžeme vidět v plánování nových komunikací nebo jako zdroj informací pro proměnné dopravní značení a subjektů starajících se o správu komunikací. Zároveň se jedná o důležité informace z hlediska biologického, meteorologického, hydrometeorologického, agrometeorologického, klimatologie atd.

EUMETSAT Land-SAF generuje povrchovou teplotu země (LST) na základě zařízení pracujícího v tepelném a infračerveném spektru SEVIRI na družici Meteosat druhé generace. Parametr teploty zemského povrchu a jeho dlouhodobý odhad je velmi důležitý i pro validaci jiných modelů například v hydrometeorologii nebo pro monitorování klimatu. [5]

Časové a prostorové rozlišení SEVIRI umožňuje zachycení celého denního cyklus po 15 minutách v oblastech bez oblačnosti. Odhady LST jsou získány ze dvou kanálů infračerveného rozsahu od 8 μm do 13 μm . Operační vyhledávače LST často využívají algoritmy rozdělených oken, kde je LST získáno pomocí semi-empirické regrese TOA SEVIRI dvou pseudo-kontinuálních kanálů IR108 (T10.8) a IR120 (T12.0). Na obrázku 5 jsou zobrazeny možné příčiny odchylek produktu LST. Algoritmus Land-SAF LST je založen na GSW, vyvinutý pro AVHRR a MODIS, nyní přizpůsobený pro SEVIRI. Chyba LST přes GSW závisí na:

- Neurčitosti povrchové emisivity
- Obsahu vodní páry v atmosféře
- Úhlu pohledu ze satelitu.



Zobrazení LST (a) a jeho odchylku (b) na snímku z 23. března 2008 v 7:15 UTC. Na obrázku b lze vidět kosočtverce, kde severní roh poukazuje na chybu způsobenou vodní parou, jižní roh na ruch senzoru, západní na nejistoty v GSW a východní na specifické podmínky vyhledávání.

Obrázek 5: Nejistoty v GSW

<https://landsaf.ipma.pt/GetDocument.do?id=292>, upraveno

Úhel pohledu musí být pro každý satelit pečlivě zvážen. Záleží na něm konečná přesnost nástrojů a následně i produktů. Přijatelné chyby odhadů teplot pro produkt LST se SZA se pohybují do 60° , což znamená, že nemůže poskytnout pokrytí polárních orbiterů a prostorové pokrytí produktu je omezeno do oblasti mezi:

- Západní zeměpisná délka: -79°
- Východní zeměpisná délka 79°
- Severní zeměpisná šířka 81°
- Jižní zeměpisná šířka -81° .

Užitečnost produktu je zvýšena ošetřením nejistot, správnou kalibrací algoritmu GSW Land-SAF, zohledněním očekávaných výsledků z LST na základě predikce, charakterizací vstupních nejistot a jejich šíření do finálních odhadů LST. Kalibrace GSW závisí na simulaci teplot jasu TOA pro kanály IR108 a IR120. Simulace pro oblasti bez oblačnosti jsou prováděny pro databázi globálních profilů teplot, vlhkosti a ozónu, která je často označována jako SeeBor. Databáze obsahuje více než 15 700 profilů z jiných datových sad například z NOAA88, TIGR a TIGR-3. [6]

Navíc povrchové parametry, jako je teplota Země nebo klasifikace půdy, jsou v rámci mezinárodního programu Geosphere-Biosphere - IGBP přiřazeny ke každému profilu.

Teplota povrchu Země odpovídá LST v SeeBor a je odhadnutá jako funkce teploty ve 2 m (T2m), zenitu slunce a azimutu. Pro účely radiační simulace byl zvolen SZA náhodně mezi 0°-80°. Aby mohl být postup považován za realistický, je přiřazen každému profilu rozsah s výjimkou případů:

- Teploty povrchu pod 270 K, které jsou omezeny úhly nad 30°
- Teploty povrchu menší než 240 K, které mohou pozorovat geostacionární družice s úhlem zenitu mezi 60°-80°.

Databáze SeeBor popsaná výše byla rozdělena na dvě podskupiny, jednu pro kalibraci LST a GSW a druhou nezávislou pro ověření algoritmu. První z nich se skládá ze 77 atmosférických profilů, tak aby pokrývala co největší různorodost obsahu vodní páry ve vzduchu, což znamená více než 15 600 porovnávacích profilů pro GSW. Parametry v algoritmu GSW jsou odhadnuté do 8 tříd vodní páry a 16 tříd SZA, aby se zajistily veškeré rozsahy útlumu uvnitř atmosféry. Stojí za zmínku, že všechny simulace pokrývají rozsah teploty povrchu Země mezi 230 K do 341 K a rozsah T2m od -20 do 30 °C. Počet různých atmosférických a povrchových profilů získaných kombinacemi teplot povrchu, kanálů emisivity a SZA, dostaneme stejné číslo jako u počtu simulací přenosu záření. [5]

Je velmi pravděpodobné, že všechny vstupy mohou způsobit chyby v načtených hodnotách LST, ale zvažuje se pouze radiometrický šum, nejistota v povrchové emisivitě a v předpovědi. Úprava satelitních dat v reálné poloze 0° zeměpisné délky může představovat chybu při určování třídy SZA. U produktu LST se dopad těchto chyb zanedbává s přihlédnutím k následujícím důvodům:

- Pravděpodobnost špatné třídy SZA pro MSG je poměrně nízká a velmi pravděpodobně nebude chybět více než jedna třída
- Mimořádná chyba GSW vyvolána špatnou kategorizací SZA je zanedbatelná pro SZA, obecně 0.8 K pro vyšší SZA (okolo 60°).

Nesprávné identifikování pixelů s oblačností by mělo velký dopad na načtené hodnoty teplot zemského povrchu. Podle výsledků validace NWC SAF je očekávaná míra zmeškaných pixelů s oblačností do 4 %. Tyto případy jsou často zapříčiněny nesouvislostí mraků nebo pixely s oblačností v blízkém okolí a je velmi obtížné vyjadřovat nejistotu do chybových grafů LST. Místo toho se u sousedních pixelů s oblačností objevuje označení odlišnou hodnotou. Na pixelech bez oblačnosti a s přijatelnou mírou vodních par je přesnost velmi vysoká. [5]

3. Satelity MSG a nástroj SEVIRI

Satelity MSG jsou provozovány jako dvou družicové systémy, které každých 15 minut předávají detailní snímky Evropy, Afriky, části Atlantiku a Indického oceánu. Důvodem duplikace systému je zajištění nepřetržité služby v případě selhání jedné z družic. Projekt MSG byl založen s jasně definovanými cíli, kterými jsou:

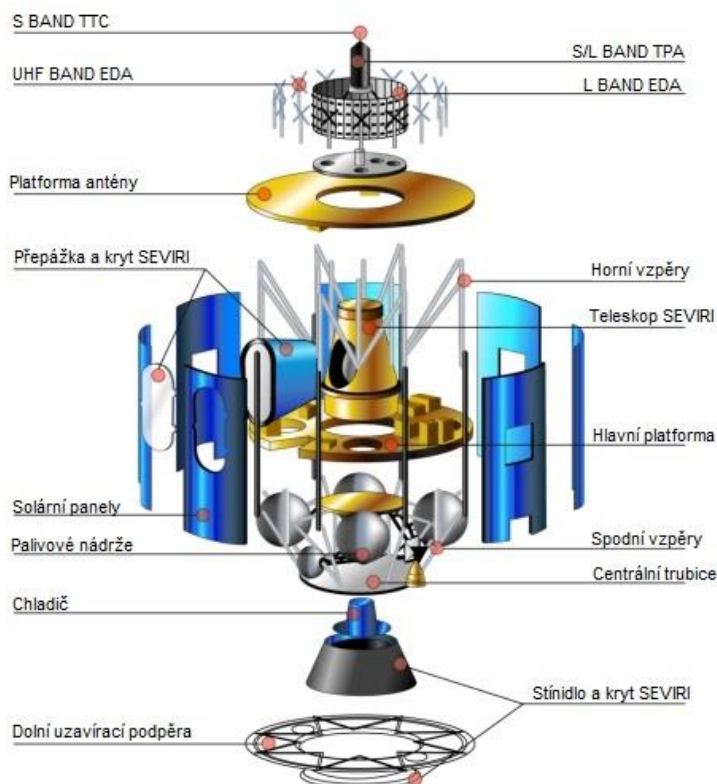
- Multispektrální zobrazení systému oblačnosti, povrchu Země, záření vyzařovaného atmosférou s lepším radiometrickým, spektrálním, prostorovým a časovým rozlišením
- Výtah meteorologických a geofyzikálních dat ze satelitních obrazů
- Sběr dat z platformy DCP
- Včasné šíření satelitních obrazových a meteorologických informací po jejich zpracování
- Podpora sekundárních vědeckých prostředků GERB a GEOSAR
- Podpora primárních misí (archivace dat MSG a úspěšné fungování celého systému).

Celý systém MSG nahrazuje prvotní řadu systému METEOSAT, který byl navržen už v 70. letech. Ve srovnání se starým systémem nabízí MSG mnohem ostřejší obrazy (menší než 1 km, v infračerveném spektru 3 km) a zvýšenou efektivitu tzn., že snímky jsou dodávány každých 15 minut v porovnání s doteď používaným intervalem 30 minut. Rychlost přenosu dosahuje až 20 násobku rychlosti oproti starému systému. Hmotnostně je každý ze satelitů 2,5x těžší než jejich předchůdce. Startovací hmotnost jednoho satelitu dosahuje až 2 tun. Celý systém MSG čítá 4 satelity, které byly dopraveny na oběžnou dráhu v průběhu 11 let a všechny byly navrhovány a sestavovány společností ESA:

- MSG-1 (Meteosat-8) – 29. ledna 2004
- MSG-2 (Meteosat-9) – 21. prosince 2005
- MSG-3 (Meteosat-10) – 5. července 2012
- MSG-4 (Meteosat-11) – 15. července 2015

EUMETSAT se na financování podílel přibližně z 30 % a nese odpovědnost za definování požadavků ke koncovému uživateli. Načasování vypuštění satelitu Meteosat-10 bylo naplánováno pro hladký přechod z Meteosat-8 z důvodu jeho stárnutí. Meteosat-11 je zatím neaktivní uložen na oběžné dráze do doby, než bude potřeba nahradit jednoho z jeho předchůdců. Jeho popis je zobrazen na obrázku 6. Všechny satelity byly vyneseny do počáteční nebo geostacionární přenosové dráhy pomocí rakety Ariane-5 z Kourou (Francouzská Guyana), s apogeem okolo 35 944 km a perigeem pouhých 580 km. Z této oběžné trasy používají družice vlastní palubní motor pro obíhání své orbity po dobu několika

týdnů, než dosáhnou své konečné geostacionární oběžné trasy. V plánu je zavedení systému MTG v období let 2019 a 2021. [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13]



Obrázek 6: Popis satelitu MSG-4

http://104.131.251.97/spacecraft/wp-content/uploads/sites/18/2015/08/7379386_orig.jpg, upraveno

Hlavním nástrojem satelitů MSG je SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager) postavený firmou Matra Marconi Space. Úkolem SEVIRI je snímat Zemi v 11 úzkopásmových spektrálních kanálech a jedním širokopásmovým s vysokým rozlišením (HRV), jejich přesný výčet lze vidět v tabulce 1.

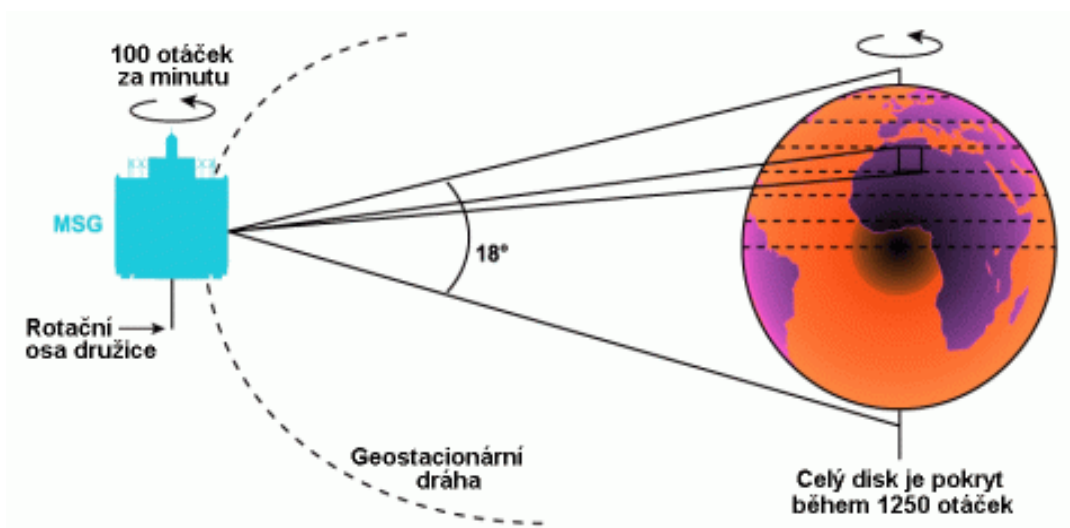
Tabulka 1: Seznam kanálů SEVIRI

<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/info/SEVIRI.html>

Číslo kanálu	Označení kanálu	Poznámka
1	VIS0.6	Solární kanály
2	VIS0.8	
3	NIR1.6	
4	IR3.9	Atmosférické okno
5	WV6.2	Absorpce vodní páry
6	WV7.3	

7	IR8.7	Atmosférické okno
8	IR9.7	Absorpce ozónu
9	IR10.8	Atmosférické okno
10	IR12.0	
11	IR13.4	Absorpce CO ₂
12	HRV	Solární kanál, vysoké rozlišení

Zařízení je umístěno v ose družice a jeho váha je lehce nad 250 kg a pro představu výška zařízení je 2,4 m. V principu se jedná o dalekohled s primárním zrcadlem o průměru 0,51 m, které je vyrobeno z materiálu skleněné keramiky „ZERODUR®“. Výhoda tohoto materiálu spočívá v jeho téměř nulové tepelné roztažnosti a možnosti leštění do tvaru eliptického zrcadla, což má za výsledek extrémně hladký povrch, jehož strukturováním a leptáním se hmotnost může snížit až o 85 %. V případě skenovacího zrcadla SEVIRI o rozměrech 830x530 mm se ale hmotnost zrcadla snižovala pouze o 70 % z důvodu jeho pohybu kolem osy, jeho rychlost je 100 otočení za minutu. Pokud by zrcadlo nemělo dostatečnou váhu, nebylo by schopné odolávat kmitům a vibracím. Oproti ose družice je vychýleno o 45° a dodatečně může být vychýleno v rozsahu $\pm 5,5^\circ$. Dále se optická soustava skládá ze sekundárního a terciálního zrcadla. V ohniskové rovině se nachází polovodičová detekční čidla pro jednotlivé spektrální kanály. Pro urychlení skenování jsou zde pro každý kanál v trojici, tzn., že se snímají tři řádky najednou. U kanálu HRV je čidel hned 9. Čidla jsou rozdělena do skupin a pomocí zrcadel je záření rozděleno do několika svazků k jednotlivým detektorům. Kromě detektorů pro solární kanály, které si udržují teplotu 293,15 K, se musí ostatní chladit pasivním chladičem na teplotu 85 K v létě a v zimě na 95 K. Jak můžeme vidět na obrázku 7, skenování probíhá od jižního k severnímu pólu Země. K vytvoření celého zemského disku je potřeba 1 250 otáček družice a poté se zrcadlo vrátí do výchozí polohy. Celý tento cyklus trvá 15 minut. Tok surových dat z přístroje je 3,26 Mbps a z většiny kanálů vychází snímek o rozlišení 3 712 x 3 712 pixelů. U kanálu HRV se zobrazuje pouze část zemského disku a má rozlišení 5 568 x 11 136 pixelů. U všech kanálů se používá reprezentace pixelu jako 10 bitové hodnoty. [14] [15]



Obrázek 7: Schéma skenování SEVIRI

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/info/images/schema_snimani.gif

4. Dostupnost a doručování dat

4.1. Doručení dat přes EUMETCast

Jak již bylo zmíněno EUMETCast je multimediální systém šíření dat založený na technologii vícesměrového vysílání. Využívá komerční telekomunikační družice DVB a výzkumné sítě pro multimediální soubory (data a produkty) pro širokou komunitu uživatelů. Nabízí také řadu produktů třetích stran. Výhodami je: cílené doručování ke konkrétnímu uživateli nebo skupině uživatelů, manipulace s jakýmkoli formátem dat (velké množství produktů), užitím DVB = široké pokrytí, doručování na jedno místo - lze přijímat mnoho datových toků do jedné přijímací stanice, 4 000+ uživatelů, komerční zařízení pro příjem DVB – S2, škálovatelná architektura systému a velmi rychlá dostupnost dat (do 5 minut od zpracování). [16]

Přijem probíhá přes parabolu umístěnou tak, aby geostacionární družice, která je zodpovědná za šíření dat, byla vidět. Obecně se parabola umísťuje na střechu budovy a do větších výšek (obrázek 9), kde není rušena okolními stavbami ani hustou vegetací. Při instalaci na střechu je nutno dodržet instalaci s ochranou před úderem blesku. Průměr paraboly se vždy volí větší, než je potřeba z důvodu rezervy v příjmu a povětrnostních podmínkách (husté sněžení, silný déšť). Vzdálenost paraboly od datového přijímače se doporučuje v délce kabelu do 20 metrů, v našem případě v budově ČVUT FD se nachází datový přijímač od společnosti Novra typ S300E (obrázek 8). Je vyvinut speciálně pro služby environmentálních dat EUMETSAT, detailní informace o přijímači nalezneme na stránkách www.novra.com. [17]



Obrázek 8: Zařízení Novra S300E

<http://novra.webriggers.com/wp/wp-content/uploads/2013/04/S300.png>



Obrázek 9: Parabola ČVUT FD ul. Konviktská

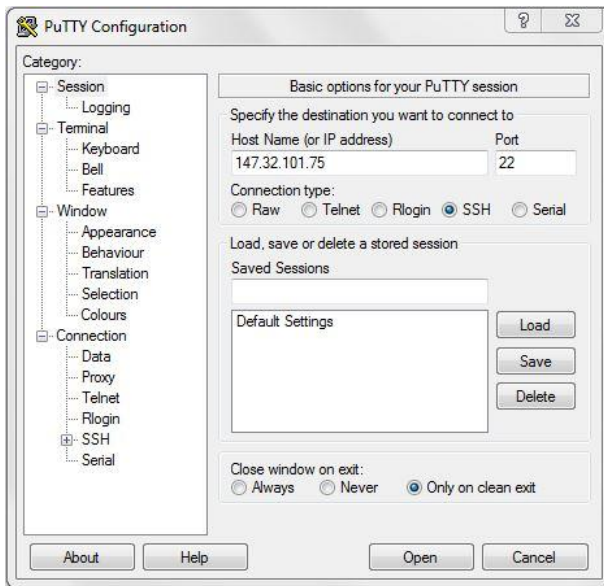
Michal Kovaljov, upraveno

Data jsou přenášena prostřednictvím 100 Mbit Lan rozhraní serveru fakulty Othello. Poté jsou data dešifrována a uložena na 3TB disku, kde se 14 dní zálohují a pro dané uživatele

jsou zpřístupněna přes protokol SSH. Jedná se o protokol v počítačové síti používající TCP/IP. Je navržen jako náhrada za nezabezpečené vzdálené shelly (rlogin, rsh, telnet), které zasílají heslo a data nezabezpečenou formou a umožňují tak prozrazení při přenosu v počítačové síti. SSH používá model klient-server a obsahuje tři základní nástroje – slogin, ssh a scp. Využívá kryptografii s veřejným klíčem k ověření vzdáleného počítače a umožňuje ověřit uživatele na vzdáleném počítači. První verze se objevila roku 1995 a byla navržena Tatu Ylönenem z Helsinské technologické univerzity. Nejdříve byla uvedena verze SSH-1, ale díky mnoha nedostatkům byla uvedena verze SSH-2, která byla přijata jako standard v roce 2006. Dodnes se má za to, že zranitelnost SSH-2 je téměř nulová, ale v roce 2013 unikly informace od Edwarda Snowdena, že Národní bezpečnostní úřad (NSA) je schopen části přenosu SSH dešifrovat. Šifrování SSH tak poskytuje zabezpečený přenos dat a hesla přes nedůvěryhodné sítě jako je např. Internet, což je přesně systém, kterým jsou servery fakulty pro uživatele dostupné. Pro přístup jsem používal dva programy, oba dva jsou freeware, což znamená, že jejich stahování a šíření je bez jakéhokoli omezení. Jedná se o WinSCP a PuTTY. Další možností je program Fillezilla, který jsem však díky předchozím negativním zkušenostem nevyužil. Ty jsem ovšem nezískal při přístupu k SSH serveru, proto nemohu uvést, zda by v některých krocích nebyl užitečnější či naopak. [18] [19]

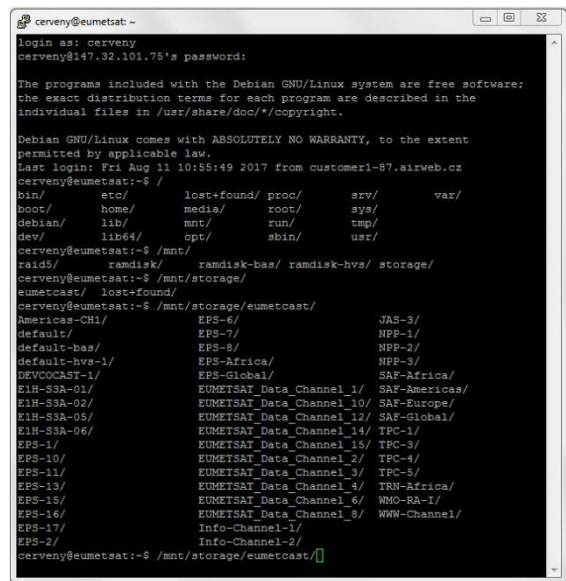
PuTTY je univerzální terminálový program dříve pouze pro Windows, dnes i pro ostatní UNIXové platformy. Jedná se o nejpoblárnější bezplatný klient SSH, Telnet a raw socket na světě. Jeho vývoj započal roku 1998 Simonem Tathamem, ale držitelem licence je MIT. Obsahuje implantaci SFTP a SCP příkazového řádku s názvy „pscp“ a „psftp“. Zajímavostí je, že v zemích kde je šifrování zakázáno (např. Anglie a Wales) je ilegální program PuTTY využívat. Lze však využívat jeho binární verzi pro Telnet (PuTTYtel), která je nepostihnutelná kterýmkoli kryptografickým zákonem.

Program PuTTY je vizuálně jednodušší než WinSCP. Na obrázku 10 můžeme vidět úvodní okno programu, kde lze nastavovat parametry připojení, výběr protokolu, ukládání vzdálených přístupů atd. Na obrázku 11 už lze vidět okno programu při práci, jedná se o klasické zobrazení CMD a i jeho ovládání probíhá přes klasické příkazy v CMD. Jedním z nejužívanějších je dvojklik na tabulátor, čímž nám program vypíše všechny možné cesty složkou, ve které se zrovna nacházíme a je to asi nejlepší způsob, jak se v zobrazení CMD orientovat. Na obrázku 11 jsem se také snažil přiblížit, jak vypadá jádro disku serveru a zároveň lze vidět, k jakým kanálům mají studenti a pracovníci ČVUT FD přístup.



Obrázek 10: Okno programu PuTTY

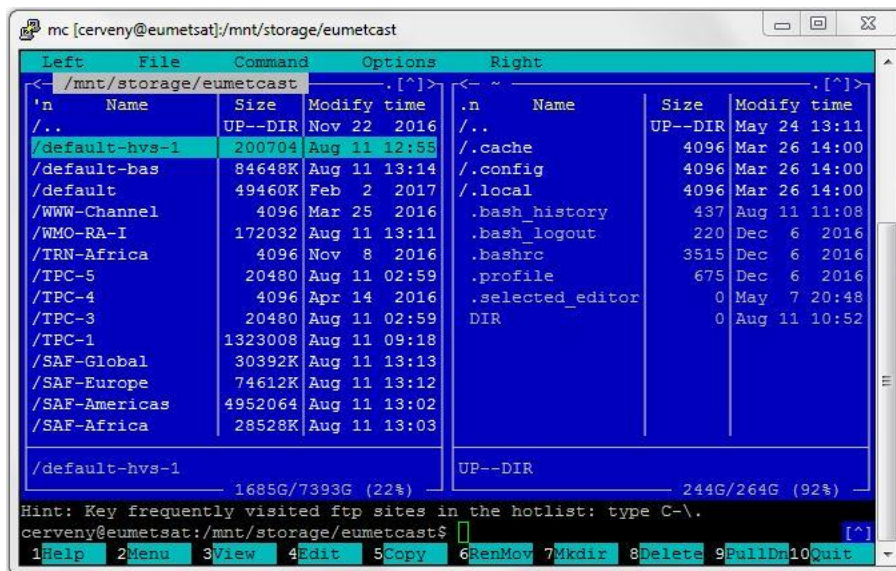
PuTTY, Jan Červený



Obrázek 11: Práce v programu PuTTY

PuTTY, Jan Červený

Nevýhodou PuTTY je chybějící uživatelsky jednoduchá možnost kopírování souborů na vzdálený počítač. Jednodušeji lze data kopírovat nebo přesouvat do jiných adresářů na daném disku. Z důvodu náročnějšího ovládání a orientace v CMD, které může být pro méně zdatné uživatele rozhodující v použitém programu, máme možnost vyvolání druhého grafického zobrazení. Po zadání příkazu `mc` se otevře prostředí (obrázek 12), které můžeme znát například z Biosu.



Obrázek 12: PuTTY - zobrazení Midnight Commander

PuTTY, Jan Červený

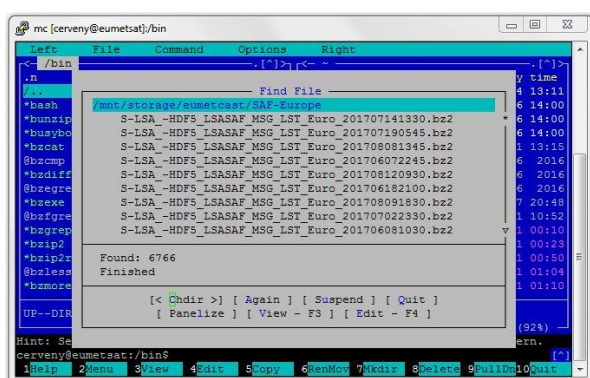
Jedná se o vizuální správce souborů s freewarovou licenci, který umožňuje kopírovat, přesouvat, mazat soubory a celé stromy adresářů, hledat soubory a spouštět příkazy.

Je založen na všestranných textových rozhraních, např. Ncurses nebo S-Land, což Midnight Commandru dovoluje pracovat na běžné konzoli uvnitř Windows přes připojení SSH a jiných druhů vzdálených shellů. Výhodou tohoto zobrazení je uživatelská nenáročnost. Lze se jednoduše orientovat po disku, hledat ve složkách, přesouvat data a provádět další aktivity, pro které by si uživatel v CMD musel pamatovat samotné příkazy. [20] [21]

Druhou možností je WinSCP. Jedná se o klientský program SFTP a FTP, který umožňuje snadný přesun souborů na vzdálený počítač a lze ho použít i jako správce souborů. Program byl vyvinut pouze pro Windows českým vývojářem Martinem Příkrylem roku 2000 na Vysoké škole ekonomické v Praze. Od roku 2003 je šířen pod licencí GPL na webu SourceForge. Implementace protokolu SSH pochází z výše popsaného opensourcového programu PuTTY. [22]

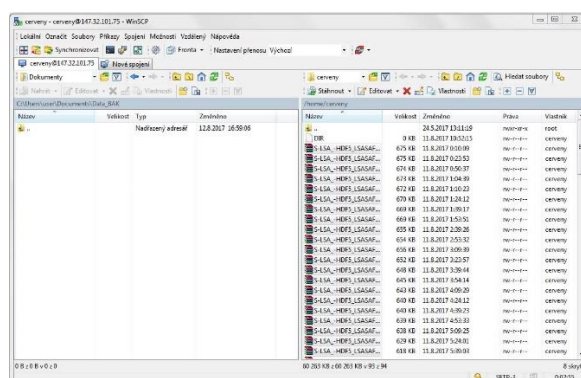
Použití WinSCP se doporučuje pro správu malého množství serverů, menších serverů a obecně pro práci s menším množstvím dat. Také neschopnost automatizace správy klíčů je negativum pro použití v podnicích s větším množstvím uživatelů. Satelitní data jsou doručována v malých balíčcích ve velkém množství, což je přesně příklad nevhodnosti použití samotného WinSCP pro získávání satelitních dat ze školního serveru. Po zkoušce samotného WinSCP, které však nebylo funkční, jsem začal řešit stahování dat přes kombinaci PuTTY a WinSCP. Pomocí Midnight Commandru PuTTY v horní liště v záložce *příkazy* se vybere možnost *hledat soubor*. Po otevření okna se volí parametry hledání, název hledaného souboru atd. V první řádce se nastavuje velmi důležitý parametr, který souvisí s rychlostí jeho vyhledání, jedná se o cestu, kde má program hledat. Čím detailněji program navedeme, tím rychlejší vyhledávání bude. Cesta k datům na serverech ČVUT FD má vždy stejný začátek `/mnt/storage/eumetcast/` a pokračování vždy souvisí se záložkou *Distribuce* v Product Navigatoru. V řádku *kanály* najdeme výpis všech kanálů, přes které se data produktu šíří a to je také pokračování v zadávání cesty do řádku vyhledávání. V mém případě u produktu LST jsou data šířena pomocí SAF-Europe. Konečná cesta pro vyhledávání dat mého produktu je `/mnt/storage/eumetcast/SAF-Europe/`. Pokud chceme pouze zjistit veškeré možné kanály, které server nabízí, stačí použít postup z obrázku 11, kdy nám PuTTY sama kanály vypíše. Poté se zaměříme na řádek - *Název Souboru*, to zjistíme také v Product Navigatoru v záložce *Distribuce*, typ EUMETCast, v řádku *Popis Formátu*, kde je vysvětleno, jak se název souboru skládá. Do řádku zadáváme pouze část názvu, která je vždy totožná pro každý soubor produktu a ukončíme hvězdičkou. Tím dosáhneme toho, že program hledá všechna data, která začínají řetězcem, co jsme zadali. Pokud hledáme jeden určitý soubor, můžeme si pomocí *Popisu Formátu názvu* složit název a dát vyhledávat. Pod polem *Název Souboru* se nachází nastavení pro vyhledávání, které obsahuje 5 možných parametrů nastavení, jako je citlivost na velikost písmen, rekurzivní

hledání atd. Po vygenerování výsledků (obrázek 13) zvolíme možnost Panalize, klávesou insert nebo pravým tlačítkem myši lze označit větší množství dat. Poté necháme data pomocí příkazu *Kopírovat* zkopírovat do osobní složky na disku serveru a PuTTY zavěříme. Následně se přihlásíme do WinSCP, který lze vidět na obrázku 14. V prvním sloupci si vybereme složku, do které chceme data ze serveru kopírovat a v druhém nalezneme svoji osobní složku na serveru. Data jednoduše označíme a přesuneme do vybrané složky na vzdáleném počítači. V tomto postupu vidím hned několik pozitiv: satelitní data používám nárazově a může se stát, že občas zapomeneme nějaký příkaz v CMD. To se se zobrazením v MC a WinSCP nemůže stát, uživatelská náročnost těchto kroků je nízká, jednotlivé kroky se nechají lehce vysvětlit a informace tím předat mezi více lidí, kteří o ně mají zájem.



Obrázek 13: Vyhledávání v PuTTY

PuTTY, Jan Červený



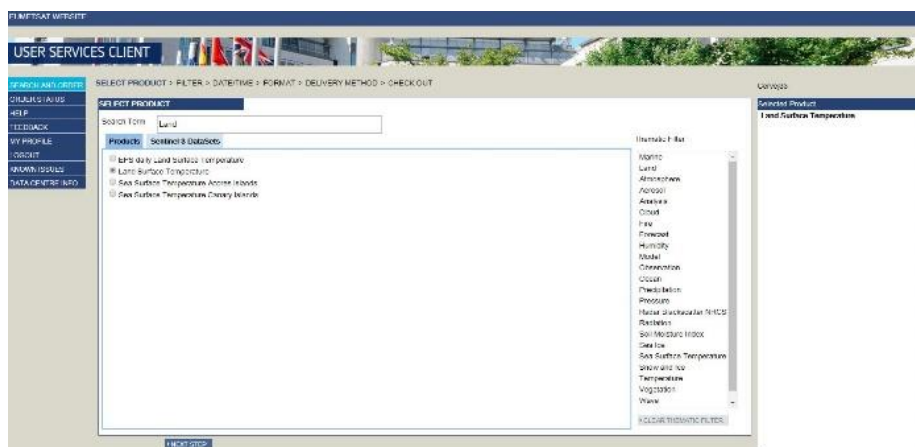
Obrázek 14: Práce ve WinSCP

WinSCP, Jan Červený

4.2. Doručení přes EUMETCast datové centrum

Možností pro lidi, kteří nemají přístup k doručení dat přes DVB služby EUMETCastu je datové centrum EUMETSAT. Jedinou podmínkou této služby je registrace na oficiálních stránkách a potom lze službu klienta pro objednání dat využívat. Veškeré služby jsou pro registrované uživatele zadarmo a jeho nespornou výhodou je, že oproti školnímu serveru zaručuje delší archivaci dat. Centrum bylo založeno roku 1995 jako nejmodernější archiv satelitních programů EUMETSATu. V současné době je v centru dostupné přes 2 PB dat. Po přihlášení do webového klienta datového centra se otevře vyhledávací okno produktu podle jeho názvu nebo tématu, kterému se produkt věnuje (obrázek 15). Oba parametry lze nalézt v Product Navigatoru v záložce *Popis produktu*. Po nalezení produktu si vybereme, z jakých satelitů chceme data doručit a následně vybereme časový úsek dat, který chceme doručit a potvrdíme volbu. Pokud je produkt dodáván ve větším množství formátu lze si vybrat v dalším kroku. Následně jen potvrdíme volbu mezi typy doručení a kompresí. Potvrdíme objednávku a čekáme, až nás EUMETSAT kontaktuje pomocí e-mailu o stavu

objednávky. Podle zvolené možnosti doručení nám data přijdou pomocí odkazu http přes e-mail nebo ve webovém klientu. [23]



Obrázek 15: Ukázka práce v datovém centru EUMETSAT

<https://eoportal.eumetsat.int/userMgmt/gateway.faces?goto=https://eoportal.eumetsat.int/userMgmt/protected/dataCentre.faces>

4.3. Další možnosti doručení satelitních dat

Pro produkty Sentinelu–3 Marine je k dispozici služba online přístupu k datům (CODA). Jedná se o 14denní online archiv s přístupem přes http. Poskytuje přístup ke globálním datům z geostacionární družice Sentinel-3 v datové úrovni 1 a 2 v režimu téměř reálného času (NRT), krátkého kritického času (STC) a nekritického času (NTC). Pro zobrazování dat se využívá sada nástrojů Sentinelu-3 Sentinel Application Platform (aplikační platforma Sentinel), která je k volnému stažení na stránkách EUMETSATu. [24]

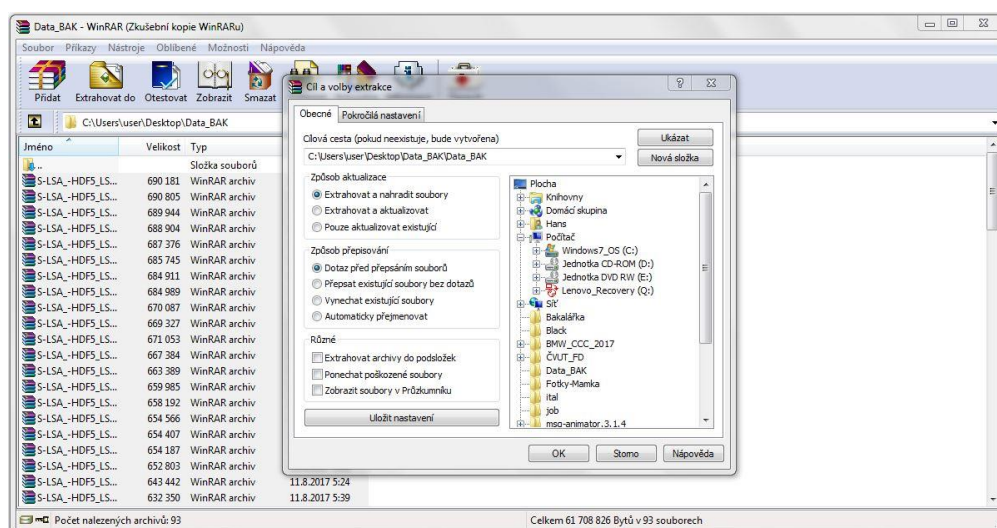
Další z možností je přímý přenos z družic Meteosat a Metop na přijímací stanice HRPT nebo AHRPT. Služba poskytuje lokálním uživatelským stanicím přenos dat v reálném čase. Metop-B poskytuje plnou globální službu, ale Metop-A, díky dřívějšímu selhání stránky, již globální pokrytí nenabízí. Tento krok byl volen jako omezení rizika selhání AHRPT-B v místech se silným iontovým zářením. Operace se provádějí na vzestupných oběžných trasách, pro které jsou přísnější opatření než pro sestupné. V jižních průchodech je tedy AHRPT vypnuto a v severních aktivováno, data jsou šířena s rychlostí 3,5 Mbit/s s pokrytím v kruzích o poloměru až 1 500km. [25]

Pro uživatele bez zařízení pro příjem satelitních dat lze využít uzavřeného internetu LR-SEVIRI a stahovat denně obrazové soubory úrovně 1,5 přímo z FTP serveru. Úroveň 1,5 odpovídá geografickým a radiometricky předem zpracovaným datům, které jsou připraveny k dalšímu využití. Veškeré specifické efekty pro kosmické lodě jsou odstraněny a pro všechny kanály se provádí linearizace a vyrovnání obrazové radiometrie. Data jsou přenášena jako Low Rate v 5 spektrálních kanálech. [26]

5. Práce s daty

5.1. Extrahování dat

Data na serverech jsou uchovávána zkomprimována různými algoritmy pro úsporu velikosti. V případě produktu LST je komprimace provedena do bz2, což je bezplatný kompresní algoritmus Juliana Sewardse. V dnešní době je jeho otevření velmi jednoduché, protože většina programů pro extrahování souborů tento typ komprese dokáže rozbalit. Z mé zkušenosti doporučím WinRAR (obrázek 16), což je program se sharewarovou licenci a lze ho po omezenou dobu volně využívat. Jeho velkou výhodou je implementace nástrojů programu do rozbalovacích nabídek Windows. Po jeho instalaci stačí na kterákoli data kliknout pravým tlačítkem a v záložce WinRAR vybrat možnost *extrahovat*. Tento postup lze ale aplikovat pouze na jeden určitý soubor. Pro práci s více daty lze využít druhý postup. Otevřít okno programu a nalézt cestu do složky, kde jsou zkomprimované soubory. Po označení všech souborů stačí v horní liště zmáčknout na tlačítko *Extrahovat soubory do* a vybrat cílový adresář dat po extrahování. Druhým programem pro extrahování dat, který bych doporučil, je WinZip. Jedná se o software se sharewarovou licenci, který je vyvíjen od roku 1991 nejdříve Nico Mak Computing, poté Corel Corporation. Jeho vzhled i funkčnost připomíná WinRAR. Svoji oblibu získal hlavně díky jednoduchosti ovládání a svojí podporou mnoha operačních systémů od Windows, Linux, Android, iOS, macOS. Ovládání je velmi jednoduché, extrahování nebo zkomprimování souborů je z mého pohledu rychlejší než u WinRAR.



Obrázek 16: Extrahování v programu WinRAR

WinRAR, Jan Červený

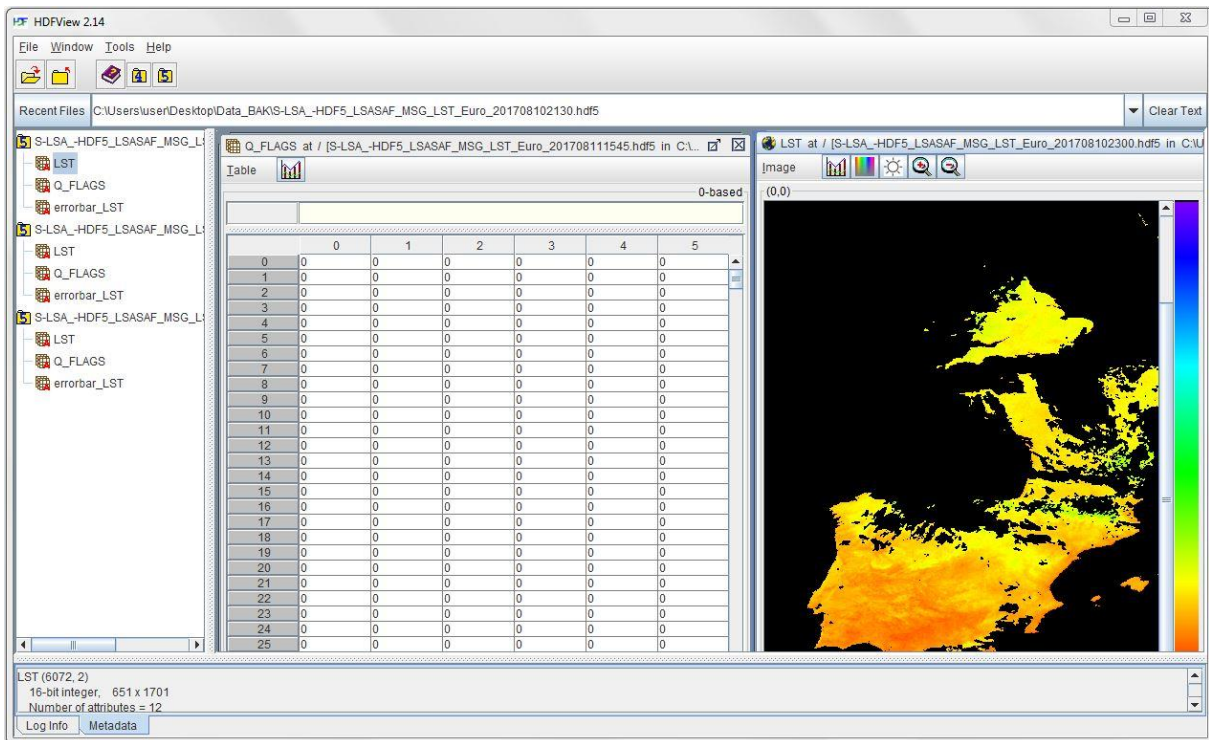
Rozdílnost může být zapříčiněna konfigurací programu, počítače atd. Při použití dvojkliku na levé tlačítko myši lze data otevřít bez extrahování. Tato funkce je spíše pouze náhled do

komprimovaného souboru a k vykonání jakékoliv jiné činnosti s daty je musíme extrahovat. Z mého hlediska je velká škoda, že bz2 není podporované programem Total Commander, který díky svojí všestranností dobyl svět jako jeden z nejlepších správců souborů. Výhody programu lze použít u jiných komprimačních algoritmů satelitních dat. Extrahovaná data již lze do většiny zobrazovacích programů nahrát a není potřeba je jinak upravovat. Zobrazovací programy volíme podle formátu surových dat, v případě LST se jedná o HDF5. Ze zkušenosti doporučuji při archivaci na osobním počítači používat komprimovaná data z důvodů úspory velikosti a zamezení dvojímu uchování dat v komprimované a extrahované formě.

5.2. Zobrazování dat v HDFView

Prvním zobrazovacím programem, který ve své práci představím, bude freewarový HDFView od společnosti HDF Group, jejímž účelem je zajistit rozvoj technologie HDF a pokračující dostupnost dat uložených v HDF. Tento program můžeme vidět na obrázku 17. Vývojový tým tvoří necelých 30 zaměstnanců, někteří stále z řad Univerzity v Illinois. Program vytvořený v jazyku JAVA spojuje HDF prohlížeč s HDF objektovým balíčkem, což znamená, že v tomto programu můžeme data prohlížet a zároveň i upravovat. Výhodou je zobrazování hierarchie souborů ve stromové struktuře, vytvoření nových HDF souborů, přidání nebo odstranění atributů. Jeden z největších plusů je možnost generování HDF souboru z dříve vytvořeného obrázku.

Po stažení a klasické instalaci se otevře poměrně strohé okno programu. Postup pro zobrazení dat je následovný: po otevření extrahovaného souboru se nám v levé části obrazovky naskytne stromová struktura souboru, kde máme na výběr, v případě LST, zobrazení bez zvýrazněných mraků, zobrazení s výraznými mraky a zobrazení chybovosti. Pro zobrazení tabulky číselných hodnot stačí daný soubor otevřít dvojklikem na levé tlačítko myši. Pro vytvoření obrázku z dat na data klikneme pravým tlačítkem a zvolíme možnost *otevřít jako*, v horní části zvolíme obrázek a lze nastavit atributy obrázku, jako je barevná škála označení os, minimální maximální hodnoty, výška a šířka obrázku atd. Po nastavení vlastností obrázku potvrdíme volbu tlačítkem *ok* a výsledek je během chvíle zobrazen. V okně zobrazeného obrázku lze stále měnit nastavení jako je barva, jas, kontrast. Při najetí kurzorem do horní lišty na volbu *obrázek* se rozbalí menu s možnostmi uložení obrázku ve zvoleném formátu, nastavení obrysů v obrázku, zobrazení hodnot a dalších již zmíněných vlastností. Celkový dojem z tohoto programu je velmi pozitivní, práce s ním není uživatelsky náročná a doporučil bych ho i úplným začátečníkům. Obrázky ze zkoušek zobrazování dat se nacházejí v přílohách. [27] [28]



Obrázek 17: Program HDFView

HDFView, Jan Červený

5.3. Zobrazování dat v Panoply

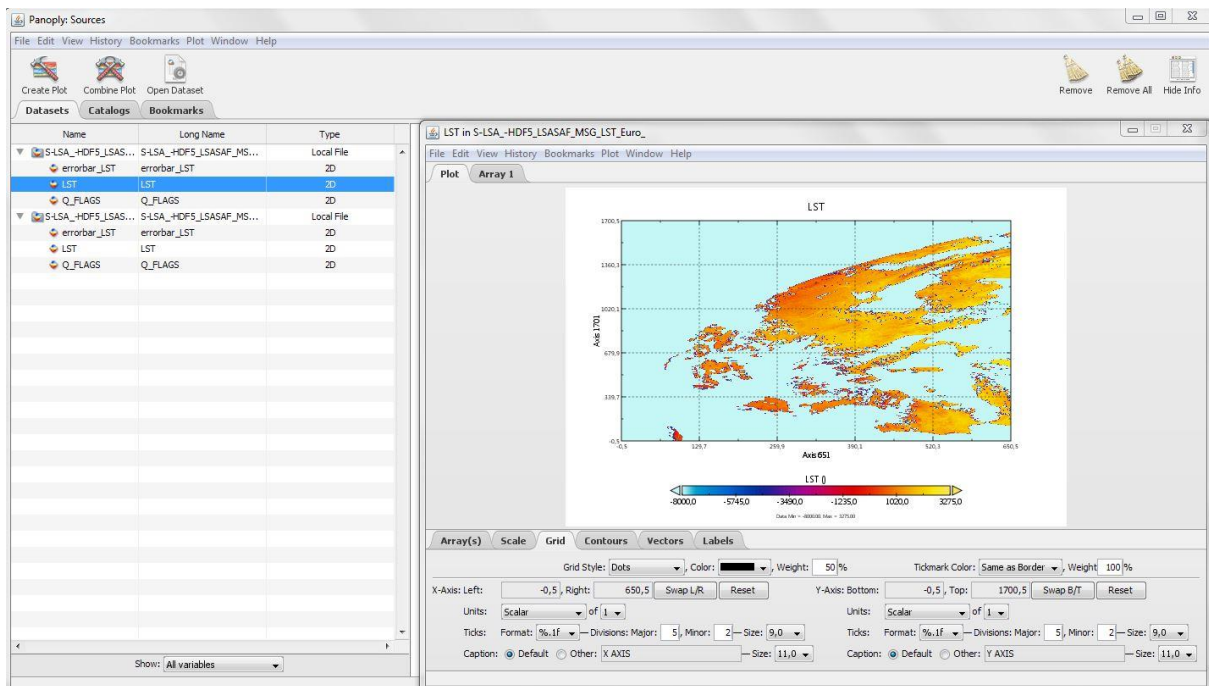
Druhým program pro porovnání jsem zvolil americký software Panoply (obrázek 18). Vývoj a licence podléhají Goddardovu institutu pro kosmické studie - NASA. Výhodou tohoto programu je jazyk JAVA, ve kterém byl programován, který není závislý na platformě a zároveň podpora více datových formátů, tzn. pro zkoumání více produktů s rozličným datovým formátem lze využít jeden software - Panoply. Výčet podporovaných formátů, v době vzniku této bakalářské práce, obsahoval 3 formáty: NetCDF, HDF a GRIB. Vlastnost, kterou tento program předčí všechny ostatní, je bezesporu nabídka širokého spektra mapových projekcí a možností pracovat s velkým množstvím barevných interpretací dat. Na stránkách podpory Panoply můžeme najít i jednotlivá vysvětlení barevných interpretací a mapových projekcí. Pro produkt LST je přímo nabízena interpretace NEO_modis_lst, kterou stačí ze stránek Panoply stáhnout. Mapové projekce jsou spíše globální nebo, díky místu vzniku softwaru, zaměřeny na Severní Ameriku. Do budoucna by měla přibýt i projekce pro Evropu. Vykreslení lze upravovat přidáním zeměpisných šířek nebo délek, vertikálních časových pásem, upravením barevných panelů, barvy pozadí. Ukládání lze u jednoho souboru řešit do formátů GIF, JPEG, TIFF nebo PDF, v případě většího množství dat lze vytvářet animace ve formátech AVI neb MOV. [29]

Práce s programem na vyvolání obrázku je velmi jednoduchá i pro nezkušeného uživatele. Stačí v horní liště *Soubor* otevřít a poté už pouze nalézt soubor na disku. Následně se nám

rozbalí stromové zobrazení nahraných dat a dvojklikem na levé tlačítko myši vyvoláme okno, kde vybereme, zda chceme 1D nebo 2D prezentaci dat a potvrdíme. Tímto krokem nezkušený uživatel asi skončí, protože následné nastavování vlastností obrazu je až zbytečně složité a některé úkony, jako rotace obrázku, zde nelze udělat. Základní úkony lze provést těmito kroky:

- Změna barevné interpretace dat – v dolní liště záložka *měřítko* a v pravé polovině změníme na námi zvolenou
- Změna barvy pozadí - v dolní liště záložka *popisky* a v pravé polovině změníme barvu pozadí
- Zrcadlení obrazu – v dolní liště záložka *mřížka*, u osy X tlačítko *prohodit Levá/Pravá*, u osy Y *prohodit Spodek/Vrchol*
- Uložení obrazu – horní lišta, *uložit obrázek jako*
- Uložení animace – horní lišta, *exportovat animaci*
- Propojení a stažení barevné interpretace dat – horní lišta *nápověda*, *stáhnout barevné tabulky*, následně stáhneme z internetu a pomocí příkazu *otevřít*, který nalezneme v horní liště, najdeme stažený soubor v adresáři a otevřeme
- Nahlížení do zdrojové tabulky – záložka *pole* pod horní lištou.

Ostatní méně používané funkce lze nalézt v manuálu programu Panoply, Tento program funguje velmi spolehlivě, je intuitivní co se týče zobrazování. Nastavování parametrů je však složité a dokáže uživatele znechutit. Problémem je již výše zmíněná absence rotace obrázku, kterou jsem ani po několika měsících práce v programu nedokázal vyřešit. Pokud využíváme produktu s celosvětovým pokrytím, problém se nevyskytuje, ale například u mého LST s vybraným pokrytím pro Evropu, je obraz otočený. Dalším negativem je chybějící ohraničení kontinentů. Program Panoply nabízí ohraničení, ale ohraničuje území bez mraků, tzn., že pokud nad Evropou bude zataženo a pouze na pár místech bude jasná obloha, program ohraničí pouze tato místa a uživatel naprosto ztratí přehled, na co dívá, protože kontinent nepozná. Naopak jako velkou přednost bych vyzdvihl export animací, což pro globální produkty tomuto programu připisuje výhodu oproti ostatním, kde tato možnost chybí nebo je velmi složitá pro nastavení.



Obrázek 18: Program Panoply

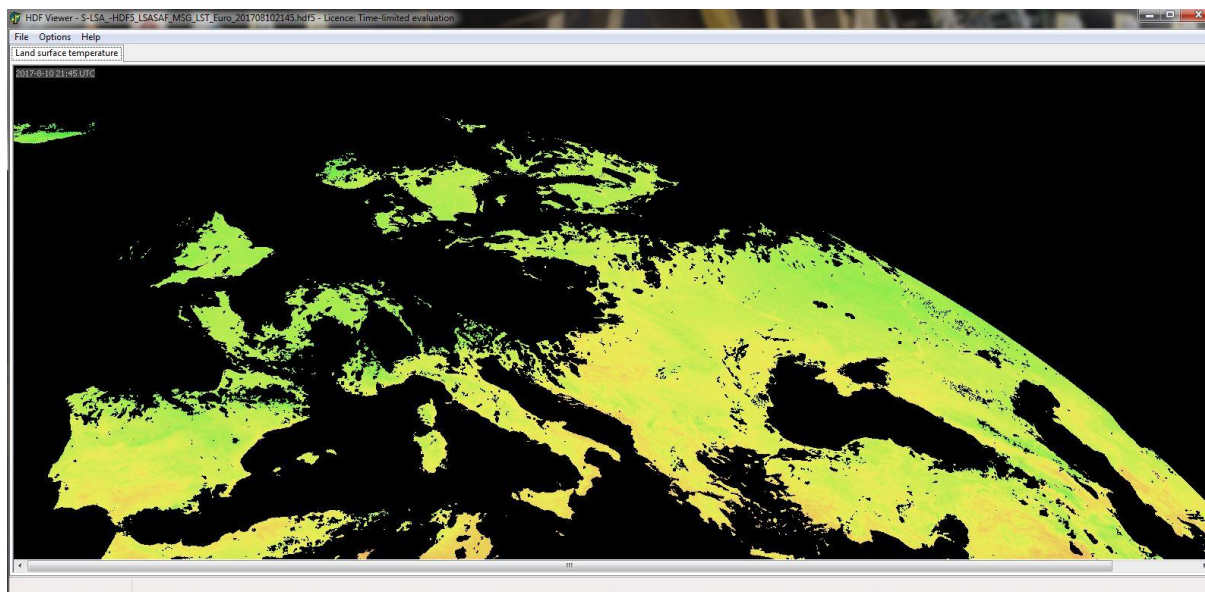
Panoply, Jan Červený

5.4. Zobrazování dat v HDF Viewer

Zobrazovací nástroj HDF Viewer od Davida Taylora, který svojí celoživotní prací zpřístupňuje satelitní data i úplným laikům, je další, kterému se budu věnovat (obrázek 19). Licence programu je zkušební na 30 dní, ale po mailové korespondenci je pan Taylor pro studijní účely ochoten licenci poskytnout zadarmo. Obliba jeho nástrojů po celém světě stále roste a to hlavně kvůli perfektnímu zpracování a 100% funkčnosti. HDF Viewer je pouze ukázkou toho, proč jsou jeho nástroje tak oblíbené. Program je velmi intuitivní a jednoduchý, jediná jeho funkce je zobrazování satelitních dat EUMETCast nebo LSA-SAF ve formátu HDF. [30]

Po spuštění programu se otevře prázdné okno, pokud v horní liště zvolíme *soubor*, *otevřít* a vyhledáme svůj datový zdroj a ihned se nám otevře vytvořený obrázek bez jakéhokoliv nastavování, což můžeme chápat jako velkou výhodu pro začínající. Ale pro zkušenější se však jedná o dost omezující vlastnost programu. Za další nevýhodu lze považovat, že po uložení obrázku se u něj nenachází žádná stupnice, tzn., že nelze určit teplota v dané oblasti. V programu je sice řešení velmi elegantní, kdy při najetí na kterékoli místo obrázku kurzorem se v dolní liště ukazuje přesná teplota ve °C, což pochopitelně do obrázku přenést nelze. Další nevýhodou je, že nelze měnit barevnou interpretaci dat, barvu pozadí a nemožnost nahrání více souborů do programu. Jedinou věc, kterou lze do obrázku přidat, je datum a čas, kdy byla data generována. Výhodou je pak velmi kvalitní obraz, který program generuje. Jak jsem již uvedl výše, jedná se spíše o program pro začátečníky,

který poslouží jako výborný zobrazovací prostředek na zkoušení různých produktů ve formátu HDF.



Obrázek 19: Program HDF Viewer

HDF Viewer, Jan Červený

5.5. Vyhodnocení zobrazovacích programů

Na porovnání 3 programů, které jsou na zobrazování satelitních dat v HDF využívány nejčastěji, jsem strávil mnoho času a nasbíral jsem řadu informací a zkušeností. Tyto poznatky jsem se pokusil shrnout v této bakalářské práci. Po přečtení mé práce a s trochou vlastní praxe s programy se tedy každý může rozhodnout sám, který z programů mu bude vyhovovat nejvíce.

Nemohu zaručit, že v průběhu času nebude vydána aktualizovaná verze některého z programů, která by negativa vyřešila a následně software nebyl lepší volbou než ostatní. Hodnocení je velmi subjektivní, ale pro zobrazování právě produktu LST bych doporučil HDFView a HDF Viewer. Naopak Panoply bych zcela vynechal a to z mnoha důvodů. Z mého pohledu je Panoply program naprosto předimenzovaný, lze sice nastavit mnoho parametrů, ale chybí mu základní prvky pro použití. Vývojářům i po letech provozu programu Panoply unikají základní věci, které ostatní programy (jako je HDFView), vyvíjeny jednou osobou zvládají automaticky. Příkladem je problém s rotací zobrazeného obrázku, který nelze vyřešit, což můžeme vidět v příloze č. 1. Podle mého názoru jediná věc, kterou Panoply převyšuje ostatní softwary, je tvorba a ukládání animací. Při tvorbě animací u produktů s celosvětovým pokrytím nebo pokrytím Ameriky lze tedy program Panoply považovat za nejlepší volbu.

Rozhodování mezi HDFView a HDF Viewer je velmi složité. Pro uživatele, kteří chtějí zkoušet zobrazování dat mnoha produktů, nechtějí nahlížet do tabulek dat a své výsledky nechtějí veřejně prezentovat, bych doporučil HDF Viewer. Je to velmi snadný a spolehlivý program, kterému ovšem chybí funkce, které při publikacích nelze přehlédnout. HDFView hodnotím jako nejlepší pro použití na akademické půdě. Naprostému začátečníkovi se podaří vyvolat obrázek během chvíle a zkušenějším program nabízí mnohé možnosti pro úpravy jak surových dat, tak následného obrázku. Lze u něj upravovat osy, barvy zobrazení i jejich kontrasty. Program navíc nabízí i reverzní funkci převodu obrazu do dat HDF4 a HDF5. Podle mého názoru jedinou nevýhodou programu HDFView je absence tvorby animace a její ukládání jako videozáznam. Obrazy pro porovnání, které lze nalézt v příloze č. 1, byly generovány ze stejných datových souborů z 10. srpna 2017. Vytvořením 6 sad v 1,5,9,13,17 a 21 hodin CET vznikla poměrně obsáhlá galerie pro posouzení kvality grafických výstupů, které nabízí softwary ve výchozí konfiguraci.

6. Možné využití v dopravě

LST jako produkt generující teplotu zemského povrchu má velký potenciál užití v silniční, kolejové i letecké dopravě. Zdroj je však nutné nejdříve upravit a stanovit řešení situací, kde by mohl produkt, potažmo celý systém, selhávat (např. odraz od sněhové pokrývky nebo území s oblačností). Jak již bylo zmíněno výše, tyto aspekty jsou pro získání přesných dat klíčové a právě místo hodnot, které nekonsolidují s okolními daty, se volí tzv. offset hodnoty odpovídající -80°C . Pokud vezmeme v úvahu, že při projekci naprosto přesně známe ohraničení kontinentu, lze vygenerovat matici offset hodnot v jednotlivých snímcích a nahradit jejich hodnoty údaji průměrovanými z okolí, kde produkt fungoval bezchybně. Tímto postupem nezaručíme úplnou přesnost dat, ale v praxi by tyto hodnoty byly sledované pouze na hranici 0°C , která je v rámci meteorologie kritická. Řešením jak produkt přiblížit realitě by bylo využití archivu EUMETCastu a hodnoty porovnávat s jinými v daném intervalu z jiných let a teploty porovnávat s okolními průměrovanými teplotami. Systém by si mohl sám vyrobit matici předpokládaných hodnot na základě ročního období, teploty vzduchu, tlaku a jiných meteorologických ukazatelů, která by se mohla používat místo zpracování velkého množství dat z archivu. Při sledování hraničních teplot by se dal systém využít jako indikátor možné námrazy a hromadění sněhu na komunikacích. Pro tyto případy většinou mají výrobci v automobilové dopravě nechanou odchylku 4°C , jakožto fail-safe řešení. Parametr, který by zvýšil přesnost doplněných offsetových hodnot, je teplota vzduchu, která je jedním z nejdostupnějších meteorologických údajů. Lze ji snadno získat z:

- Meteorologických stanic
- Amatérských meteorologických stanic
- Železničních stanic a vlakových souprav
- Letišť
- Automobilové dopravy
- Mobilních zařízení
- Satelitních dat.

Složením algoritmu, který by porovnával hodnoty teploty půdy s teplotou vzduchu, by mohl generovat velmi přesné hodnoty. Dalším zmenšením odchylky by bylo použití aspektu vlhkosti vzduchu, tlaku, rychlosti a směru větru. Tyto hodnoty by již bylo složitější použít a zapracovat do algoritmu. Systém by však mohl generovat upozornění na mlhy, rosy atd. Pro užití v dopravě je potřeba použít také predikování situace, vzhledem k produktu LST, který generuje data každých 15 minut, lze předvídat následný stav poměrně jednoduše jedno nebo dvou krokovou predikcí. Vyšší spolehlivost by se mohla pohybovat v horizontu 45-60 minut, což je jako informační zdroj dostačující. Pro zachování informačního zdroje jako

systému fail-safe by se predikce vždy orientovala na hodnoty nižší, se snížením dnes používaných 4°C na 2°C, což je z mého pohledu naprosto dostačující vzhledem k faktu, že teplotní kapacita komunikace je větší než teplotní kapacita okolní krajiny. V praxi to znamená, že půda mění svoji teplotu rychleji než asfaltová nebo betonová komunikace. Příklady využití:

- **Správa komunikací** – Každá společnost pro správu komunikací má vypracovaný scénář, jak zasahovat pokud teploty klesnou pod 0°C a je riziko srážek. S těmito daty operuje po celém, jí přiděleném, úseku. Situace by se mohla změnit, kdyby měla přístup k datům, kde se sníh nebo náledí začne tvořit a místo jednoho připraveného scénáře by mohla využívat více možných řešení. Toto navržené řešení bohužel nezohledňuje mostní stavby, které díky své konstrukci chladnou dříve a jako první hrozí riziko právě zde.
- **Složky IZS** – Složky by měly přístup k datům, které by ovlivňovaly jejich směřování na zasahující místo. Zvýšení bezpečnosti posádky a zkrácení doby dojezdu k zásahu je hlavním cílem všech subjektů pohybujících se v této problematice. Uvedené řešení by samotné členy posádky varovalo před náledím, sněhem i možnou mlhou. Navigace by se pokusila najít trasu bez rizika a pokud by byla rychlejší než stávající trasa s riziky, vedla by složky IZS právě tudy. V opačném případě by navigace přešla do „krizového“ režimu a řidiče by upozorňovala na každý oblouk a doporučovala by zvolenou rychlost, která by se odvíjela od možného rizika a zvoleného dopravního prostředku.
- **Běžní účastníci silničního provozu** – U vozidel, která nejsou vybavena navigací, RDS-TMC nebo jiným „chytrým zařízením“, ve kterém by se informace zobrazila graficky, by byli řidiči varováni řešením, které doposud používá mnoho automobilových výrobců. Kontrolka vložky na přístrojové desce, v případě mlhy zbarvená modrou barvou, v případě teploty 0-2°C oranžovou barvou a v teplotách pod 0°C červenou barvou. U zařízení s podporou RDS-TMC by se jednalo o kombinace již zmíněného řešení se zprávou upozorňující na náledí, sníh nebo mlhu. U automobilů vybavených chytrými navigacemi by se údaje zobrazovaly vykřičníkem v rohu obrazovky, problémy by se promítali do předpokládaného času dojezdu a řidiči by se zobrazovala doporučená rychlost. Při teplotách vozovky pod určitou hodnotu by byli řidiči upozorňováni na nutnost zimních pneumatik. Pro vozidla vybavena displejem mezi budíky by mohl být údaj o teplotě vozovky uveden jako klasická hodnota, stejně jako teplota vzduchu, spotřeba atd.
- **Motorsport** – Pro každý sport je nejdůležitější příprava a v závodech odehrávajících se na zpevněných komunikacích rozhodují i maličkosti, například zvolené směsi

pneumatik. Jedná se o jediné uvedené využití systému, kde by uživatele zajímaly hodnoty přesahující 20+°C. Pro týmy by byl takový systém velmi užitečný. Jeho nákladnost je téměř nulová a s pokrytím celého světa je použitelný a závislý pouze na vlastních datech a výsledcích.

- **Využití v liniovém řízení dopravy** – Informace o změně počasí a jeho vlivu na snížení bezpečnosti dopravy lze předat liniovým řízením dopravy na dálnicích a rychlostních komunikacích. Při zhoršení počasí je možno omezit povolenou rychlost na komunikaci a tím snižovat četnost excesů. Informace o teplotě vozovky by se zároveň přenášely na informační tabule, jako je tomu dnes. Výhodou tohoto systému oproti stávajícímu je nižší finanční nákladnost řešení, kde místo drahých čidel teploty využíváme satelitní data, která jsou volně přístupná.
- **Železniční doprava** – Informace o problémech s počasím by byla přenášena na displej zabezpečovacího systému ETCS jako krátká zpráva. Následně by byl strojvedoucí upozorňován jen malým znamením v rohu obrazovky, při zhoršené viditelnosti omezit rychlost vlaku a při snížených teplotách ve spojení se srážkami upravovat brzdné křivky vlaků.
- **Letiště a letecká doprava** – Informace o teplotě povrchu by byly přenášeny do řídicí věže, což by umožnilo varování před mlhou na přiblížování. Při náledí a sněhových srážkách možnost odklonu letadel na jiná letiště. Toto řešení by bylo možné pouze při skoro 100% přesnosti systému, které s kvalitou dnes dostupných dat nelze dosáhnout. V případě zkvalitnění dodávaných dat, je možné je používat alespoň jako podpůrnou informaci.

Veškeré tyto příklady užití jsou smyšlené, ale jejich nasazení by jistě zvýšilo bezpečnost provozu. Pokud informace dorazí k účastníkům provozu dříve, než problém nastane, může je připravit na danou situaci a zvýšit jejich pozornost. Využití jako systém liniového řízení dopravy by znamenalo menší množství tepelných čidel osazených ve vozovce a tím i snížení finanční náročnosti staveb. Pokud by byl systém uveden do provozu na komunikacích s již montovanými čidly, mohl by se použít jako finančně nenáročná podpora čidel, navíc by reálná data z čidel mohla sloužit jako cvičná data predikčních algoritmů.

7. Závěr

Cílem mé práce bylo ostatním ulehčit a přiblížit začátky užívání a zobrazování satelitních dat. Zároveň jsem chtěl popsat celkový systém od záznamu dat ve vesmíru po doručení do počítače, což je vzhledem k porovnání velikostí celého systému a mé bakalářské práce nemožné, ale pokusil jsem se věnovat jen těm nejdůležitějším bodům pro základní porozumění. Pokud by chtěl čtenář této bakalářské práce zjistit nějaké detailnější informace, lze je se základní znalostí anglického jazyka dohledat na internetu. Problematice jsme se s kolegou Štěpánem Zaoralem věnovali více než tři semestry, kdy jsme ve svém volném čase postupně řešili související problémy. Docházeli jsme na Ústav informatiky AV ČR a zúčastnili jsme se setkání na Ministerstvu Dopravy. Společně jsme také spolupracovali na rešerši produktů pro FD ČVUT a projekt katedry K620 – „Příprava metodiky výpočtu dopravních emisí CO₂ pro město Plzeň“. Zde jsme se snažili uplatnit i data ze satelitních snímků. Začínali jsme jako naprostí laici a oba odevzdáváme bakalářské práce na téma související se satelity, jejichž přečtení může dát návod, jak využít satelitní data pro vlastní záměr. Díky tomu, že využití dat je zatím především environmentální, je většina dat volně přístupných. Potenciál jejich využití je však mnohem širší a je na každém, aby s nápadem přišel a zkusil ho realizovat.

Za využití dostupných zdrojů jsem získal potřebné informace, na základě kterých jsem následně popsal přenos dat v systému GEONETCast. Po provedené analýze Product Navigatoru jsem vytvořil jednotlivé kroky pro výběr produktu. Na ukázkou práce s daty jsem si vybral produkt LST (Teplota zemského povrchu) a pokusil jsem se ho zevrubně popsat. Jedná se o datový zdroj, který je dodáván v téměř reálném čase každých 15 minut s vysokou přesností. Zobrazením produktu LST dostaneme velmi úhledné obrázky pro animace, které jsou generovány z datových tabulek.

V další části jsem se zaměřil na popis satelitu MSG (Meteosat druhé generace) a jeho součástí včetně zařízení SEVIRI, které dodává data pro vybraný produkt.

Zabýval jsem se i možnostmi doručení dat, přičemž jsem se snažil zohlednit odlišnou vybavenost jednotlivých uživatelů a umožnit přístup k datům nejen studentům a zaměstnancům FD ČVUT.

Celou bakalářskou práci jsem směřoval od výběru produktu přes jeho popis až k jeho zpracování. Tyto poznatky lze aplikovat i při použití jiného produktu na základě jeho formátu (formáty jsou popsány v příloze č. 3), přičemž se mohou jednotlivé kroky lehce rozcházet, například v použitém programu pro extrahování a zobrazování. Pro zkrácení doby hledání postupu v práci jsem vytvořil vývojový diagram, který je k náhledu v příloze č. 2,

jedná se o subjektivně nejlepší postup v práci s daty produktu LST. Volbu svých programů pro zobrazování jsem zakládal na svých zkušenostech se zobrazováním nejen vybraného produktu. Nicméně hodnocení programů vycházelo pouze ze zkušeností na tomto produktu, což znamená, že i program, který na daný produkt nefungoval správně, by mohl být pro jiný produkt vhodnější volbou. Z tohoto důvodu vždy doporučuji zkusit více odlišných softwarů pro dosažení nejlepšího výsledku.

Na závěr jsem se snažil zamyslet nad možnou aplikací produktu a jeho využití v dopravě. Jedná se o myšlenku, jak tento datový zdroj použít ať už jako podpůrné informace nebo dokonce jako primární zdroj. Své podněty jsem shrnul v kapitole 6 „Možné využití dat v dopravě“. Dá se říci, že celá problematika satelitních snímků se zakládá na doručených datech a pokud v datech nějaké oblasti chybí, je nejdůležitější je co nejpřesněji nahradit. Po vyladění kroků s nahrazováním dat by byl systém doplněn predikcí s maximálním horizontem 1 hodiny, což je pro využití jako informačního zdroje z mého hlediska dostačující. Navíc s doručováním dat po 15 minutách lze v takovém horizontu dosáhnout velmi dobrých výsledků predikce teplot, které bych využil jako podpůrná data pro informační tabule a liniové řízení dopravy. Tomu bych se chtěl následně věnovat v magisterském studiu a své výsledky prezentovat v diplomové práci.

Jedním z mých cílů, které jsem si stanovil v bakalářské práci, bylo zvýšit povědomí o možnostech využití dat na Fakultě dopravní a zároveň studenty navnadit k zájmu o tento obor, protože jako jedna z mála škol máme přímý přístup k datovému zdroji přes DVB-2 a je škoda ho nevyužít pro řešení problémů v dopravě. Doufám tedy, že moje bakalářská práce svým zpracováním k tomuto cíli přispěje.

8. Použitá literatura

1. **Group on Earth Observations.** GEO at a glance. *Web Group on Earth Observations.* [Online] 2015. [Cited: Červenec 23, 2017.] http://www.earthobservations.org/geo_wwd.php.
2. **GEO/COPERNICUS V ČESKÉ REPUBLICE.** GEOSS. *Web GEO/COPERNICUS V ČESKÉ REPUBLICE.* [Online] [Citace: 23. Červenec 2017.] <http://copernicus.gov.cz/geoss>.
3. **Group on Earth Observations.** GEONETCast. *Web Group on Earth Observations.* [Online] [Cited: Červenec 24, 2017.] <https://www.earthobservations.org/geonetcast.php>.
4. **GEONETCast.** Land Surface Temperature - MSG. *Web Product Navigator GEONETCast.* [Online] Březen 23, 2009. [Cited: Červenec 25, 2017.] http://147.32.101.75/product-navigator/details/EO_EUM_DAT_MSG_LST-SEVIRI.html.
5. **LSA SAF.** Land Surface Temperature. *Web EUMETSat LSA SAF.* [Online] Červen 19, 2009. [Cited: Červenec 25, 2017.] https://landsaf.ipma.pt/GetDocument.do?id=611.SAF/LAND/IM/ATBD_LST/1.0.
6. **Borbas, Eva.** Clear sky global training database for hyperspectral and multi-spectral atmospheric retrievals. *Web CIMSS.* [Online] Cooperative Institute for Mesoscale Meteorological Studies, červenec 9, 2010. [Cited: červenec 25, 2017.] https://cimss.ssec.wisc.edu/training_data/.
7. **ESA.** MSG OVERVIEW. *Web ESA.* [Online] [Cited: Červenec 27, 2017.] http://m.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Meteosat_Second_Generation/MSG_overview2.
8. **eoPortal Directory.** Meteosat Second Generation. *Web eoPortal Directory.* [Online] [Cited: Červenec 27, 2017.] <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/m/meteosat-second-generation>.
9. **ESA.** HOW MSG WORKS. *Web ESA.* [Online] [Cited: Červenec 27, 2017.] http://m.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Meteosat_Second_Generation/How_MSG_works.
10. —. Reaching Orbit. *Web ESA.* [Online] [Cited: Červenec 27, 2017.] http://m.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Meteosat_Second_Generation/Reaching_orbit.
11. —. WHY WE NEED MSG. *Web ESA.* [Online] [Cited: Červenec 30, 2017.] http://m.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Meteosat_Second_Generation/Why_we_need_MSG2.
12. —. EUROPE'S MSG-4 WEATHER SATELLITE DELIVERED INTO ORBIT. *Web ESA.* [Online] Červenec 2015, 2015. [Cited: Červenec 31, 2017.] http://m.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Meteosat_Second_Generation/Europe_s_MSG-4_weather_satellite_delivered_into_orbit.
13. **Denègre, J.** *Thematic Mapping from Satellite Imagery: a Guidebook.* Paříž : Elsevier Science Ltd, 1994. 0-08-042351-7.
14. **ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV.** MSG - Meteosat druhé generace. *Web ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV.* [Online] [Citace: 1. Srpen 2017.] <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/info/SEVIRI.html>.

15. **Rüger, Monika.** Weather satellite. *Web SCHOTT.* [Online] [Cited: Srpen 1, 2017.] http://www.schott.com/magazine/english/info102/si102_07_satellite.html.
16. **EUMETSAT.** EUMETCast is EUMETSAT's primary dissemination mechanism for the near real-time delivery of satellite data and products. *Web EUMETCAST.* [Online] [Cited: 2. Srpen 2017.] <https://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/EUMETCast/index.html>.
17. **NOVRA.** S300 DVB-S2 Satellite Data and Video Receivers. *Web Novra.* [Online] [Cited: Srpena 2, 2017.] <https://novra.com/product-line/s300-dvb-s2-ip-satellite-data-receiver/#s300e>.
18. **SSH.** SSH (SECURE SHELL). *Web SSH.* [Online] [Cited: Srpen 3, 2017.] <https://www.ssh.com/ssh/>.
19. **Viktor Fuglík, PhDr., Ph.D.** Eumetsat . *Web ČVUT v Praze, Fakulty dopravní, Ústav dopravní telematiky.* [Online] [Cited: 5. Srpena 2017.] <http://147.32.101.75/~fuglik/eumetsat.html#>.
20. **SSH.** PUTTY - TUTORIALS, HOW-TOS, DOWNLOADS, ALTERNATIVES. *Web SSH.* [Online] [Cited: Srpen 7, 2017.] <https://www.ssh.com/ssh/putty/>.
21. **Midnight Commander.** Welcome to the Midnight Commander Development Center. *Web Midnight Commander.* [Online] [Cited: Srpen 7, 2017.] <https://midnight-commander.org/>.
22. **WinSCP.** Co je WinSCP. *Web WinSCP.* [Online] 17. Zář 2014. [Cited: 7. Srpen 2017.] <https://winscp.net/eng/docs/lang:cs>.
23. **EUMETSAT.** The EUMETSAT Data Centre provides a long-term archive of data and generated products from EUMETSAT, which can be ordered online. *Web EUMETSAT.* [Online] [Cited: 10. Srpen 2017.] <https://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/EUMETSATDataCentre/index.html>.
24. —. The Sentinel-3 Marine Products are available through the Copernicus Online Data Access (CODA) service. *Web EUMETSAT.* [Online] [Cited: Srpen 11, 2017.] <https://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/CopernicusOnlineDataAccess/index.html>.
25. —. METOP DIRECT READOUT. *Web METEOSAT.* [Online] [Cited: Srpen 11, 2017.] <https://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/DirectDissemination/index.html>.
26. —. ONLINE SERVICES. *Web EUMETSAT.* [Online] [Cited: Srpen 11, 2017.] <https://www.eumetsat.int/website/home/Data/DataDelivery/OnlineDataAccess/index.html>.
27. **HDF.** About. *Web The HDF Group.* [Online] [Cited: Srpen 12, 2017.] <https://www.hdfgroup.org/about/>.
28. —. HDFVIEW. *The HDF Group.* [Online] [Cited: Srpen 12, 2017.] <https://www.hdfgroup.org/downloads/hdfview/>.
29. **NASA GISS.** Panoply netCDF, HDF and GRIB Data Viewer. *Web National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies.* [Online] [Cited: Srpen 13, 2017.] <https://www.giss.nasa.gov/tools/panoply/>.
30. **Taylor, David.** HDF Viewer. *Web SatSignal.* [Online] 9. Srpen 2015. [Cited: 14. Srpen 2017.] <http://www.satsignal.eu/software/hdf-viewer.htm>.

9. Seznam obrázků

Obrázek 1: Zobrazení dostupnosti GEONETCast	12
Obrázek 2: Zobrazení výměny dat v GEONETCast	14
Obrázek 3: Product Navigator GEONETCast – 1.stupeň	15
Obrázek 4: Product Navigator GEONETCast – 2. stupeň	15
Obrázek 5: Nejistoty v GSW	17
Obrázek 6: Popis satelitu MSG-4.....	20
Obrázek 7: Schéma skenování SEVIRI.....	21
Obrázek 8: Zařízení Novra S300E	22
Obrázek 9: Parabola ČVUT FD ul. Konviktská.....	22
Obrázek 10: Okno programu PuTTY.....	24
Obrázek 11: Práce v programu PuTTY	24
Obrázek 12: PuTTY - zobrazení Midnight Commander.....	24
Obrázek 13: Vyhledávání v PuTTY	26
Obrázek 14: Práce ve WinSCP	26
Obrázek 15: Ukázka práce v datovém centru EUMETSAT	27
Obrázek 16: Extrahování v programu WinRAR	28
Obrázek 17: Program HDFView.....	30
Obrázek 18: Program Panoply.....	32
Obrázek 19: Program HDF Viewer.....	33

10. Seznam tabulek

Tabulka 1: Seznam kanálů SEVIRI	20
---------------------------------------	----

11. Seznam příloh

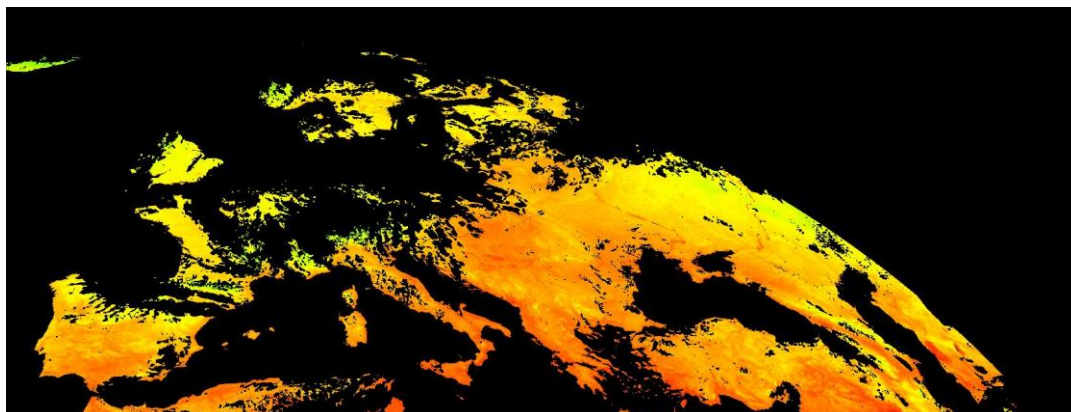
Příloha 1: Porovnání grafických výstupů zobrazovacích programů

Příloha 2: Vývojový diagram zpracování satelitních dat

Příloha 3: Využívané formáty satelitních dat

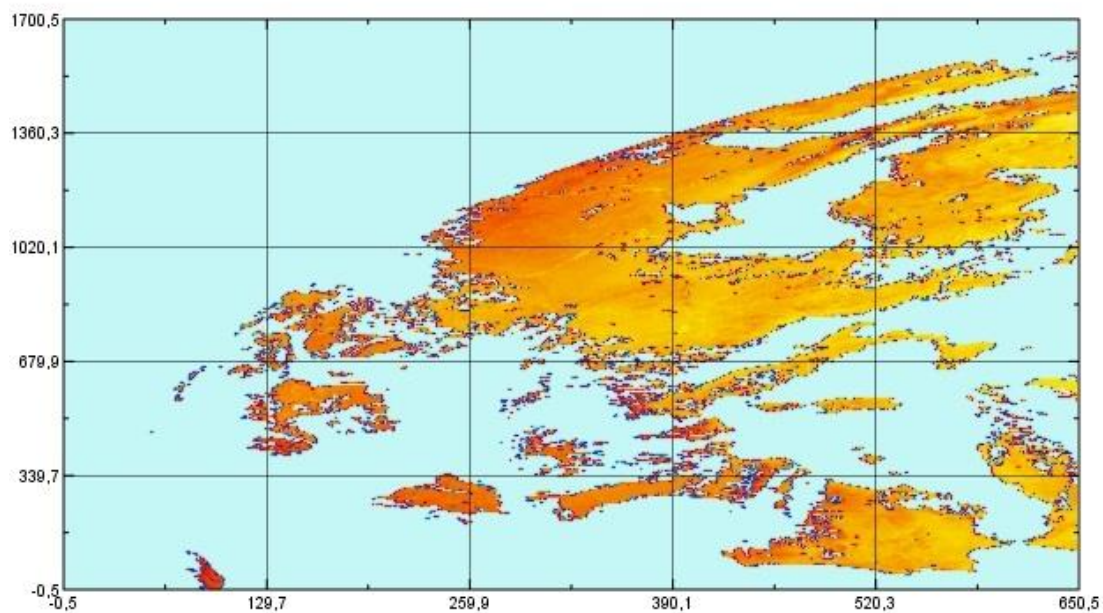
Porovnání grafických výstupů zobrazovacích programů

- 1:00 CET 11. 8. 2017

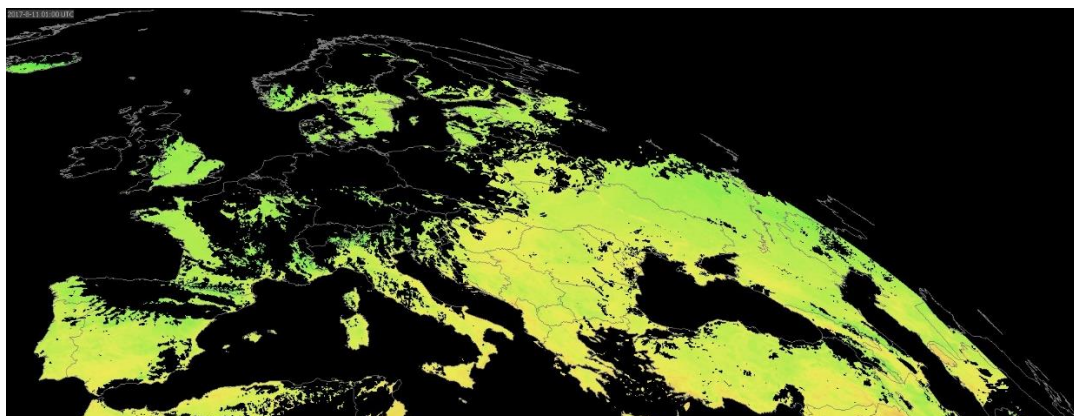


HDFView

LST

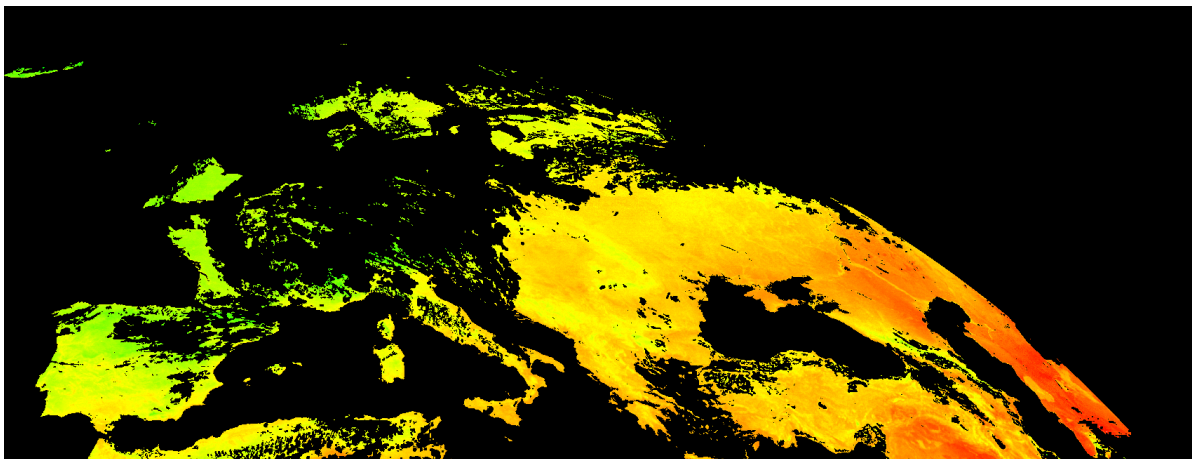


Panoply



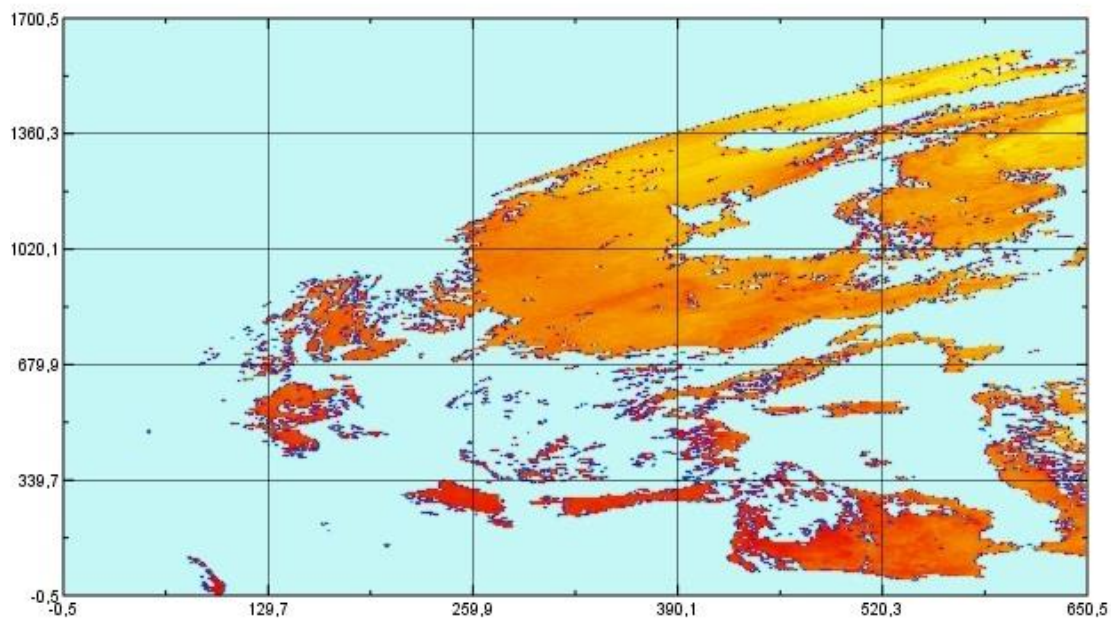
HDF Viewer

- 5:00 CET 11. 8. 2017

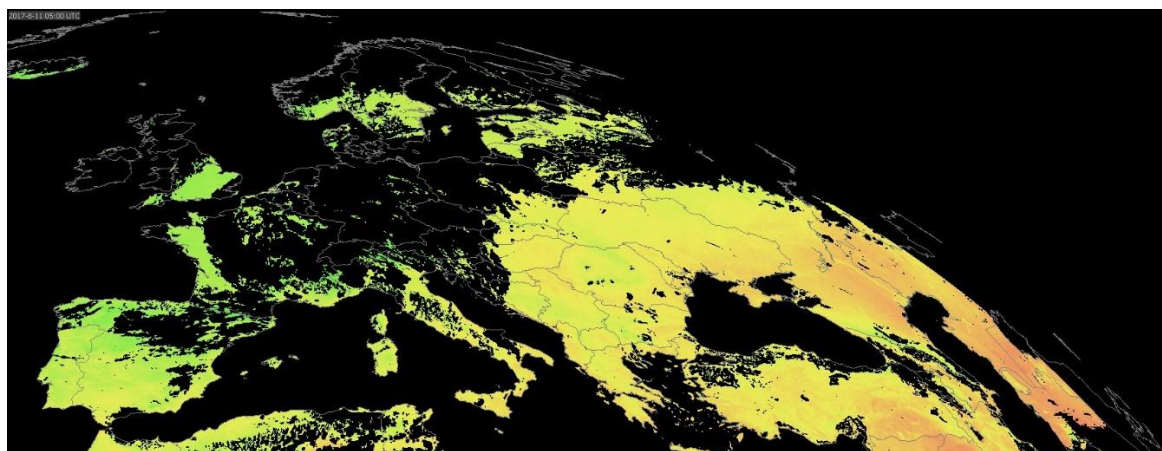


HDFView

LST

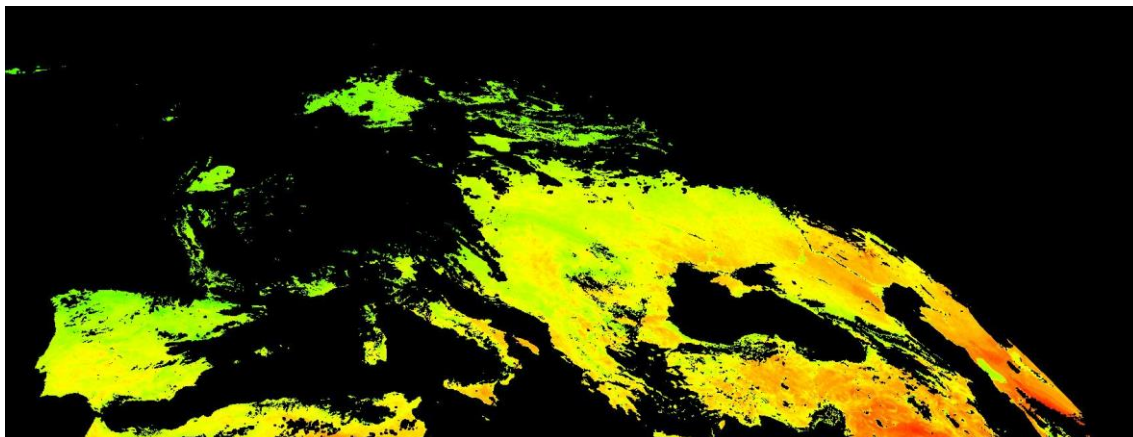


Panoply



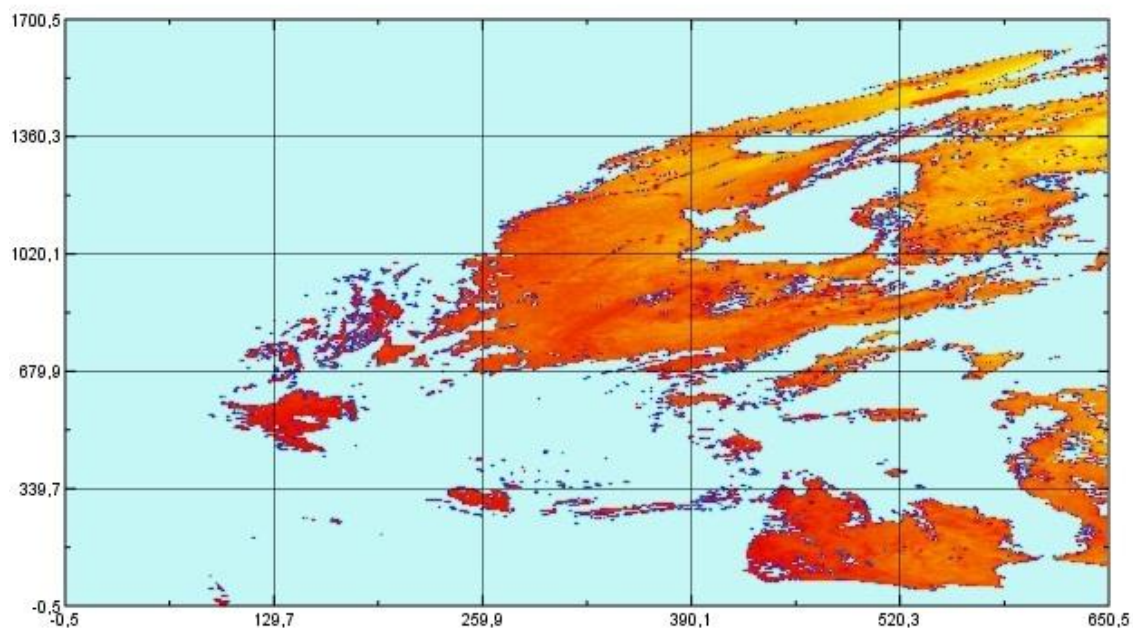
HDF Viewer

- 9:00 CET 11. 8. 2017

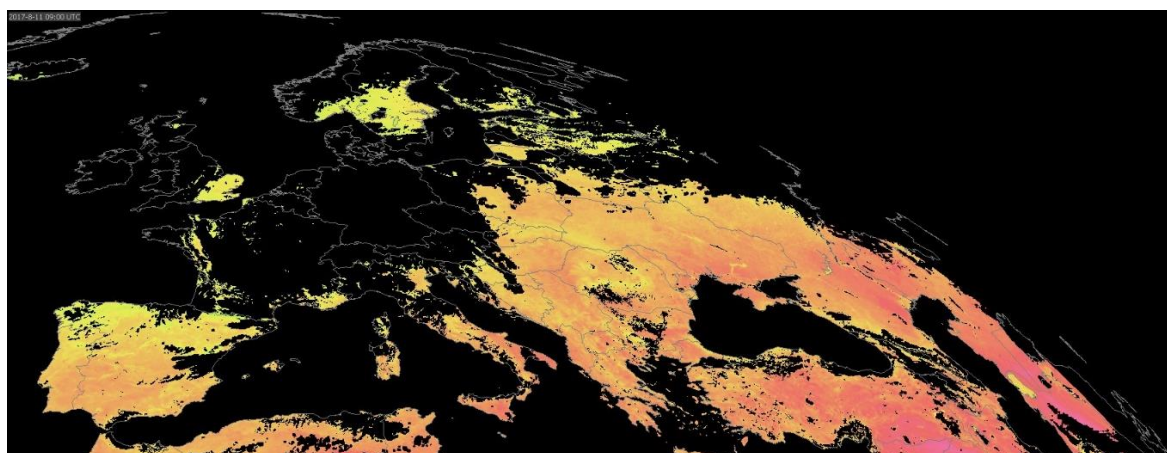


HDFView

LST

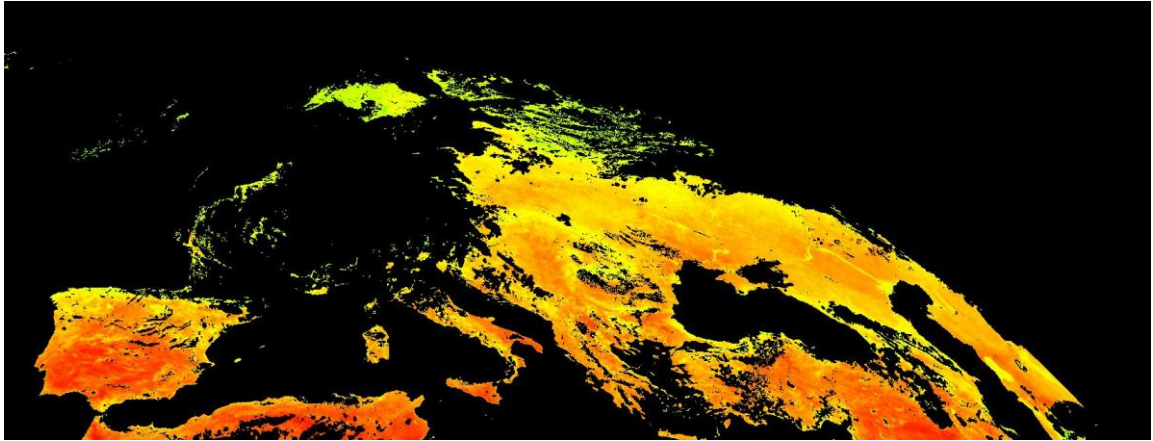


Panoply



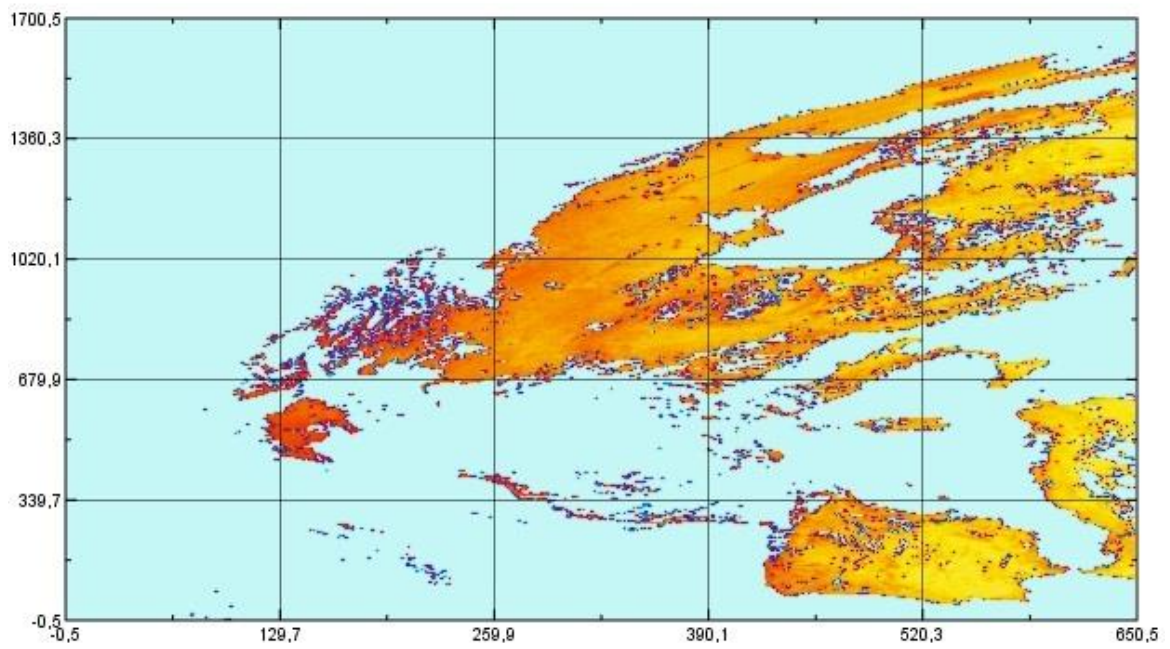
HDF Viewer

- 13:00 CET 11. 8. 2017

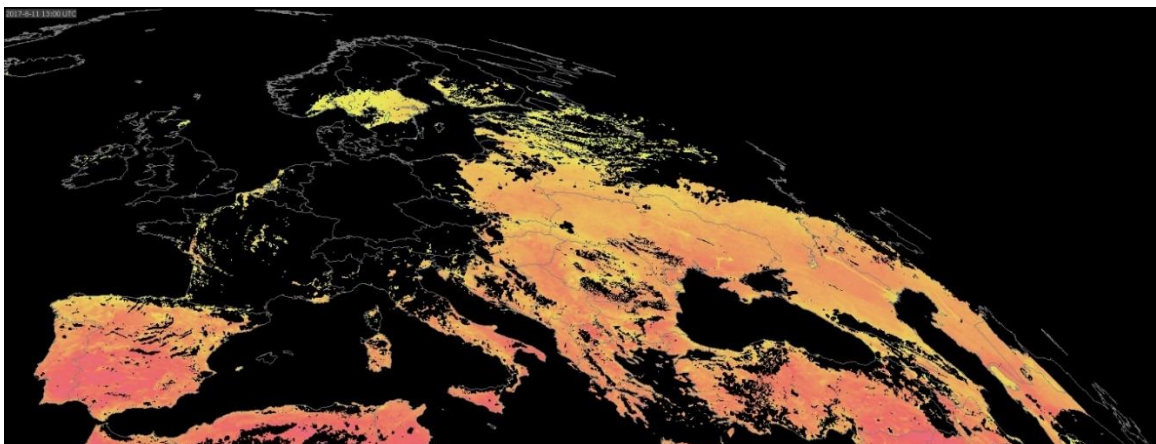


HDFView

LST

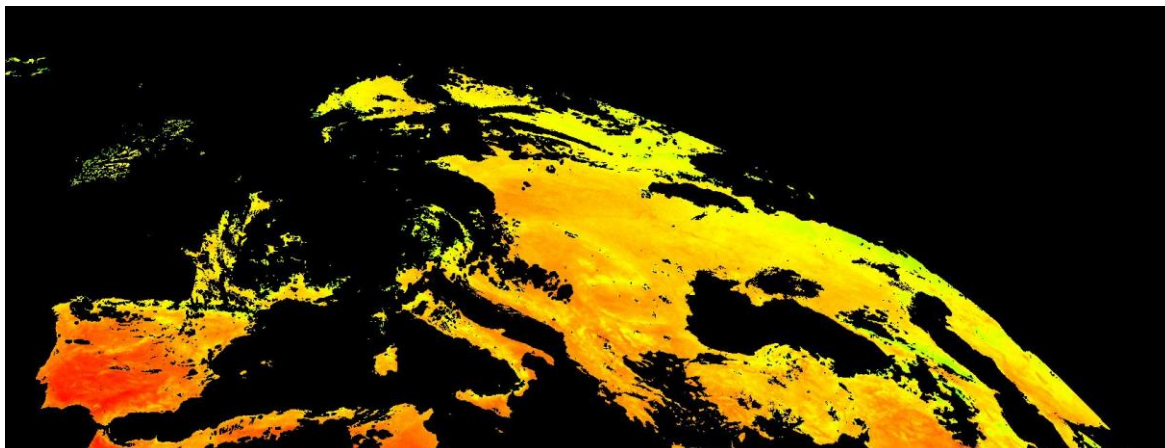


Panoply



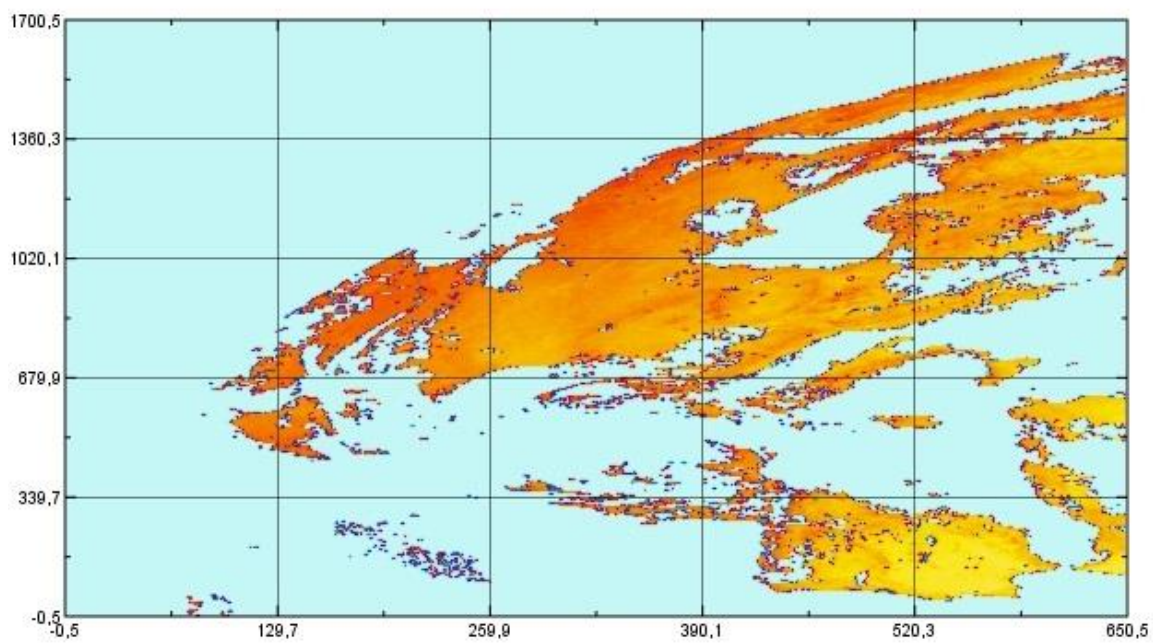
HDF Viewer

- 17:00 CET 11. 8. 2017

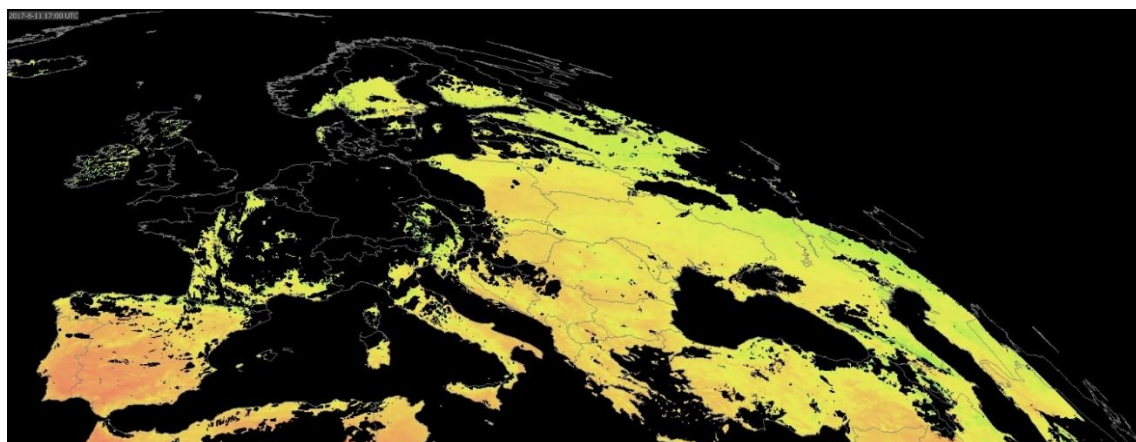


HDFView

LST

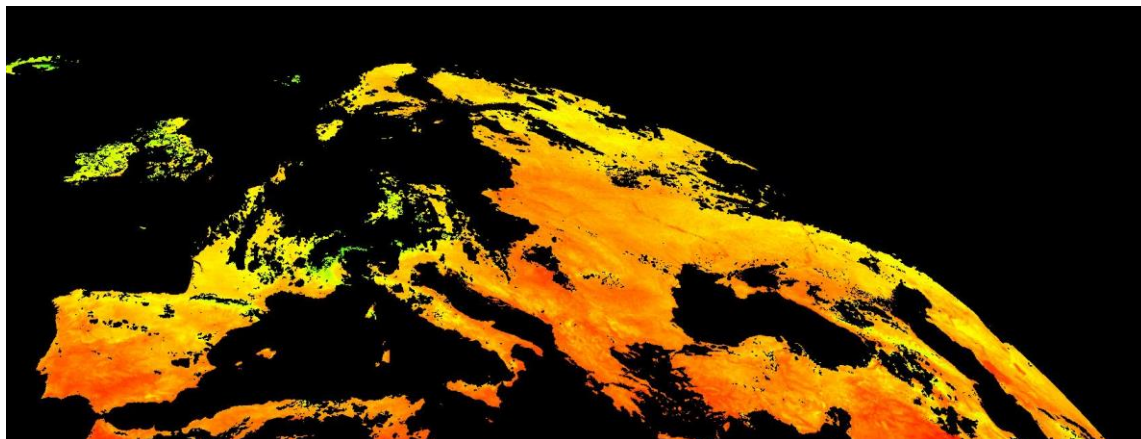


Panoply



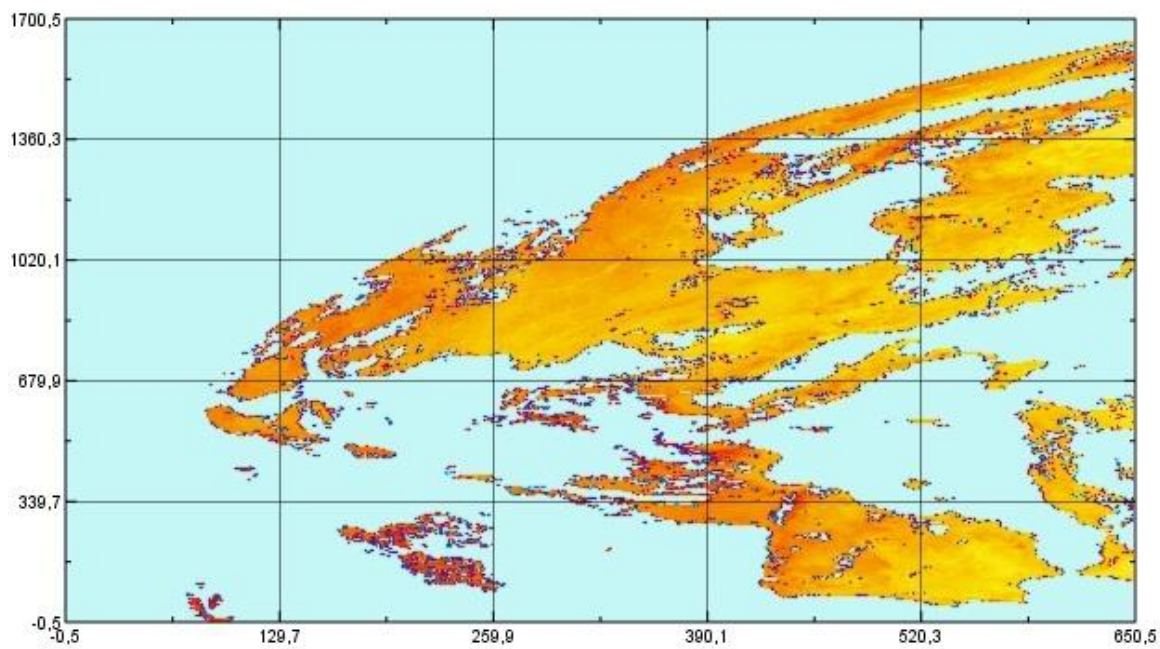
HDF Viewer

- 21:00 CET 11. 8. 2017

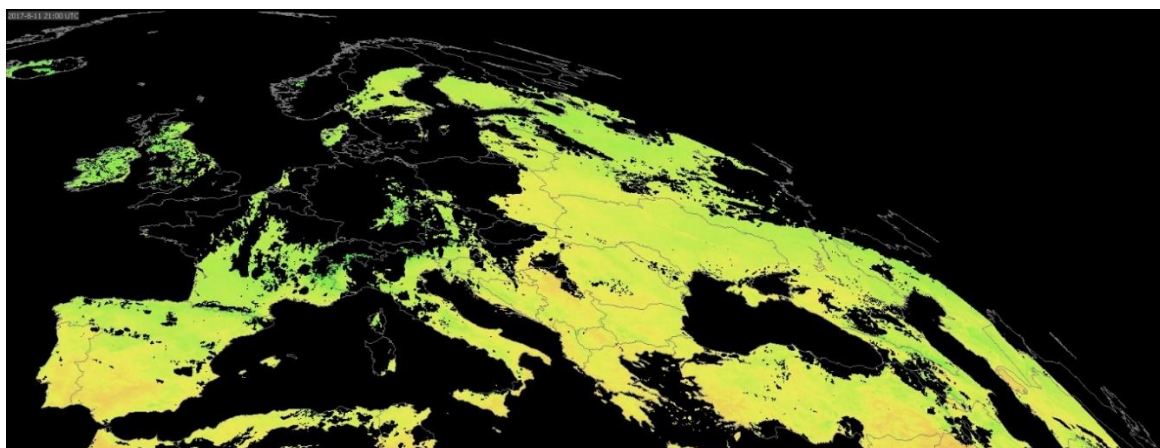


HDFView

LST

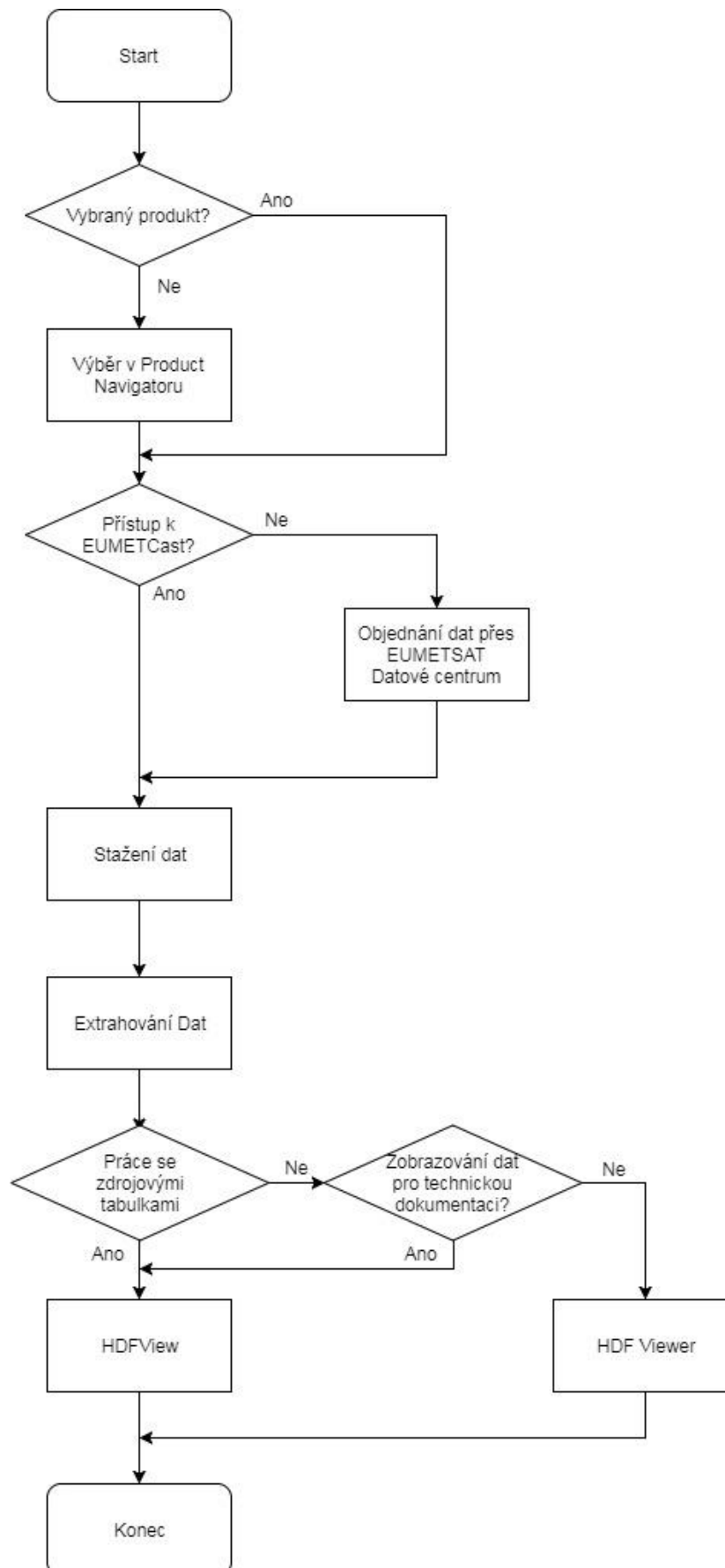


Panoply



HDF Viewer

Příloha 2: Vývojový diagram zpracování satelitních dat

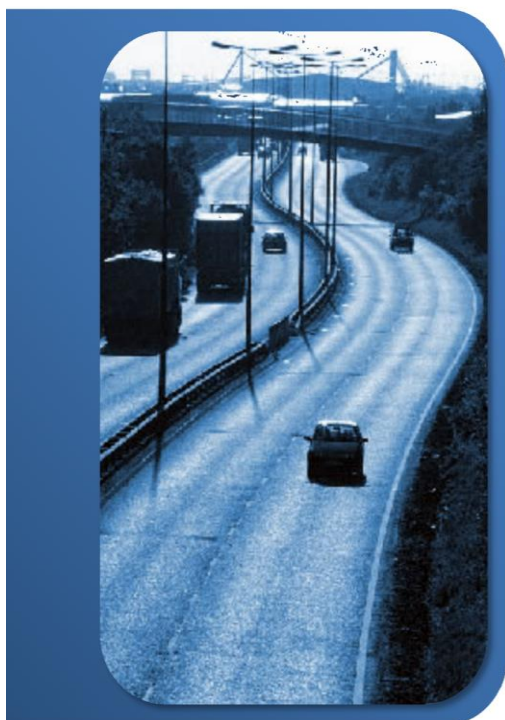




České vysoké učení technické v Praze
Fakulta dopravní
Ústav dopravní telematiky

Využívané formáty satelitních dat

Jan Červený



V Praze

20.4.2017

adresa:
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

e-mail:
info@lss.fd.cvut.cz

web:
www.lss.fd.cvut.cz

telefon:
224 359 547

BUFR

BUFR je standardní binární kód Světové meteorologické organizace (WMO), jedná se o binární kód určený k zastupování jakéhokoli meteorologického datového souboru využívajícího kontinuální binární proud. Byl navržen tak, aby dosáhl efektivní výměny a ukládání meteorologických a oceánografických dat. Systém je řízen tabulkami a je flexibilní pro reprezentaci dat, zejména pro velké objemy dat. Je definován v příručce WMO o kódech (Publikace číslo 306, svazek 1, část B, vydání 1995 plus doplňky).

Formát je široce používán pro distribuci meteorologických satelitních produktů, zvláště těch, které byly zpracovány na úrovni 2. Komprimací informací do kódu BUFR nebo GRIB mohou být datové záznamy kompaktnější, což vede k rychlejšímu přenosu z počítače na počítač. Zkratka se z angličtiny překládá jako „binární univerzální formulář pro reprezentaci meteorologických dat“ a tabulky BUFR používané u EUMETSATu jsou standardní tabulky WMO BUFR, které jsou dostupné na stránce. Pro jeho dekódování je vyžadován dekódovací program a soubor tabulek (na obrázku č. 1).

Volume I.1	Part A - Alphanumeric Codes
Volume I.2	Part B - Binary Codes, Part C - Common Features to Binary and Alphanumeric Codes
Tables and templates	
FM 94 BUFR edition 3/FM 95 CREX edition 1	
WIGOS Station Identifier (formal approval will be through the fast-track procedure)	
Volume II	Regional Codes and National Coding Practices

Obrázek č. 1 : Tabulky BUFR WMO

<http://www.wmo.int/pages/prog/www/WMOCodes.html>

GRIB 2

GRIB (GRIdded Binary) "Pravidelně distribuované informace v binární formě" je standardní formát WMO pro výměnu údajů. GRIB druhé generace je rozšíření GRIB první generace s vyšší flexibilitou a rozšiřitelností. Jedná se o efektivní prostředek pro přenos velkých objemů mřížkových dat do středisek přes vysokorychlostní telekomunikační linky. GRIB 2 může velmi dobře sloužit jako formát pro ukládání dat, což zvyšuje efektivitu ukládání a hledání souborů.

HRIT / LRIT

Vysokorychlostní přenos informací (High Rate Image Transmission) a přenos informací s nízkou rychlostí (Low Rate Image Transmission) jsou standardy CGMS (Coordination Group for Meteorological Satellites), dohodnuté provozovateli družic, pro šíření digitálních dat prostřednictvím přímého vysílání. Data pocházejí z geostacionárních satelitů. Rozdíl mezi těmito dvěma normami je datová rychlost a šířka pásma nezbytná k přenosu datového obsahu. Data LRIT se šíří rychlostí až do 256 kb/s, zatímco data HRIT jsou obvykle šířena rychlostí až 10 Mb/s. Obvykle je obsah datových toků LRIT podmnožinou ekvivalentních dat HRIT s aplikací předvzorkování a ztrátové komprese. Celosvětová specifikace formátu pro tyto standardy digitálního přenosu dat založené na aplikačních a prezentačních vrstvách referenčního modelu OSI (propojení otevřených systémů) jsou popsány ve specifikacích LRIT / HRIT. Jednotliví provozovatelé družic mají možnost provádět specifické implementace spodních vrstev OSI (implementovat metody komprese, šifrování dat atd.), zaznamenané jsou pro Meteosat druhou generaci (MSG) EUMETSAT a multifunkční zařízení JMA (Japonská meteorologická agentura) - Transportní družice (MTSAT) pro JMA-HRIT a JMA-LRIT.

Údaje o vysokorychlostním snímku SEVIRI úrovně 1,5 jsou výsledkem zpracování primárních satelitních dat označených jako údaje úrovně 1,0. Tato data odpovídají obrazovým údajům, ze kterých byly odstraněny veškeré nežádoucí radiometrické a geometrické efekty, byly gelokovány pomocí standardizované projekce a byly kalibrovány a linearizovány zářením. Je třeba poznamenat, že souborová struktura dat HRIT / LRIT se někdy používá k distribuci dat prostřednictvím jiných mechanismů, například v rámci služby rozšiřování dat EUMETCast a jako formátů pro archivaci archivovaných dat.

HRPT / LRPT

Vysokorychlostní přenos obrazu (HRPT) a přenos obrazu nízkou rychlostí (LRPT) jsou standardy Koordinační skupiny pro meteorologické satelity (CGMS - Coordination Group for Meteorological Satellites) dohodnuté operátory družic pro šíření digitálních dat uživatelům prostřednictvím přímého vysílání. Data pocházejí ze satelitů s nízkou oběžnou dráhou. Podobně jako u výše popsaného HRIT / LRIT je rozdíl mezi těmito dvěma standardy datová rychlost (šířka pásma) nezbytná k přenosu datového obsahu. Data LRPT se obvykle šíří při rychlostech nižších 150 kb/s, zatímco data HRPT se obvykle šíří při rychlostech vyšších než 0,5 Mb/s. Globální specifikace formátu pro tyto standardy digitálního přenosu dat, založené na aplikačních a prezentačních vrstvách referenčního modelu OSI, jsou popsány v specifikacích HRPT / LRPT.

NETCDF

NetCDF (společný datový formulář sítě) je strojově nezávislý a samopopisný standard binárního formátu pro výměnu vědeckých dat. Domovská stránka projektu Unidata je University Corporation for Atmospheric Research (Univerzitní organizace pro výzkum atmosféry) - UCAR. Jsou také hlavním zdrojem softwaru netCDF, vývojem norem, aktualizací atd. Formát se zakládá na volné licenci a je "popisován", což znamená, že existuje hlavička, která popisuje uspořádání zbytku souboru, zejména datových polí, libovolných metadat souboru ve formě atributů název / hodnota. Formát je nezávislý na platformě a otázky týkající se pořadí numerické interpretace rozsahu bitů jsou řešeny v knihovnách softwaru. Datová pole jsou obdélníková, nejsou přeházená a jsou uložena jednoduše a pravidelně.

HDF

Hierarchický datový formát, běžně zkracovaný formát HDF, HDF4 nebo HDF5, je knihovni a multiobjektový formát souborů pro přenos grafických a číselných dat mezi počítači. Je vytvořen a udržován NCSA - National Center for Supercomputing Applications (Národní centrum pro aplikace superpočítačů). Volně dostupné softwary pro HDF:

- Knihovny
- Pomocné příkazové řádky
- Testovací balíčky
- Rozhraní JAVA-HDF Viewer

HDF podporuje několik různých datových modelů, včetně vícerozměrných polí, rastrových obrazů a tabulek. Každý definuje konkrétní datový typ a poskytuje rozhraní API - Application Programming Interface (Rozhraní aplikačního programování) pro čtení, zápis a organizaci dat a metadat. Formát HDF se popisuje sám, což umožňuje aplikovat interpretovanou strukturu a obsah souboru bez vnějších informací. Jeden soubor HDF může obsahovat směs souvisejících objektů.

XML

Extensible Markup Language (Rozšířitelný značkovací jazyk) je univerzální značkovací jazyk. Jeho primárním účelem je usnadnit sdílení dat mezi různými informačními systémy, zejména prostřednictvím internetu.

CAP

Common Alerting Protocol (Společný protokol o varování) poskytuje otevřený, nekomerční formát digitálních zpráv pro všechny typy výstrah a upozornění. Umožňuje současně rozšiřovat varovnou zprávu na mnoha různých varovných systémech, což zvyšuje účinnost a současně zjednodušuje varování. CAP rovněž napomáhá zjišťovat nové výstrahy místního varování různého druhu, jako jsou náznaky nebezpečí nebo nepřátelského jednání.

Zdroj

EUMETSAT. Product Formats. WEB EUMETSAT [Online]. [Cited: Duben 17,2017.]
<https://www.eumetsat.int/website/home/Data/Products/Formats/index.html>