

Utjecaj Copernicus program opažanja Zemlje na geoinformacijske proizvode i usluge

Željko Hećimović¹, Lucijo Martinić²

¹ Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Sveučilište u Splitu, Ulica Matice hrvatske 15, 21000 Split, zeljko.hecimovic@gradst.hr

² Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb, lumartinic@geof.hr

Sažetak: Europska komisija (EK) je pokrenula Copernicus program opažanja Zemlje koji je jedan od temeljnih razvojnih programa EU-a. Copernicus program obuhvaća šest glavnih tematskih područja: zemlju, more, atmosferu, promjenu klime, upravljanje hitnim intervencijama i sigurnost. Copernicus podaci će imati širok raspon primjena uključujući zaštitu okoliša, upravljanje urbanim područjima, regionalno i lokalno planiranje, poljoprivredu, šumarstvo, ribarstvo, zdravstvo, transport, promjenu klime, održivi razvoj, turizam i druge. Copernicus će se sastojati od više satelitskih Sentinel misija čiji podatci će se nadopunjavati *in situ* mjerenjima. Ovaj program će omogućiti dobivanje cijelog niza geoprostornih proizvoda i usluga koje će znatno utjecati na tržište geoprostornih podataka. Trenutno se na osnovu Copernicus programa razvija ili je u planu razvoj cijelog niza mrežnih usluga kao što su: usluge praćenja promjena na kopnu, moru i atmosferi, upravljanja hitnim intervencijama, sigurnost te usluge za praćenje klimatskih promjena. Trenutno je EK fokusirala financiranje znatnog broja projekata, znanstvenih i strukturnih fondova. Copernicus program će u znatnoj mjeri promijeniti geoinformacijske proizvode i usluge te će utjecati i na razvoj pojedinih struka i tržišne odnose.

Ključne riječi: Copernicus, geoprostorni proizvodi, *in situ*, opažanje Zemlje, Sentinel

1. Uvod

Copernicus program je najopsežniji program opažanja Zemlje dosad pokrenut. Zahvaljujući većoj dostupnosti podataka korisnicima, očekuje se znatan razvoj gospodarskih područja. Glavne institucije odgovorne za razvoj Copernicus programa su pored Europske unije, Europska svemirska agencija i Europska agencija za okoliš (URL 3).

Copernicus program je nastavak Global Monitoring for Environment and Security (GMES) programa, čiji razvoj je počeo 1998. godine. Godine 2012. GMES program je promijenio ime u Copernicus program (Europska komisija, 2012). Međutim, Copernicus program je i rezultat iskustva istraživanja i razvoja koji se dešava od strane europskih i nacionalnih institucija u nekoliko proteklih desetljeća. Osnovni motiv pokretanja Copernicus programa je razvoj praćenja okoliša i poboljšanje ukupne sigurnosti Europske Unije. Copernicus programom se između ostalog žele dobiti dugoročni kontinuirani servisi koji bi omogućili drugačije upravljanje prostorom (URL 4). U globalnom kontekstu, Copernicus je integralni dio sustava *Global Earth Observation System of Systems* (GEOSS).

2. Copernicus program

Europski Copernicus program za opažanje Zemlje jedan je od najvećih programa Europske komisije čiji je cilj davanjem poboljšanih informacija o Zemlji. Copernicus servisi pokrivaju šest tematskih područja: zemlju, more, atmosferu, promjenu klime, upravljanje hitnim intervencijama i sigurnost. Podržavaju širok raspon primjena uključujući zaštitu okoliša, upravljanje urbanim područjima, regionalno i lokalno planiranje, poljoprivredu, šumarstvo, ribarstvo, zdravstvo, transport, promjenu klime, održivi razvoj, i druge (Martinić, 2015). Primarni Copernicus servisi će davati potrebne informacije za donošenje odluka o okolišu i donošenju odluka u slučaju vanrednih situacija kao što su prirodne katastrofe i humanitarne krize. Copernicus program koordinira i njime upravlja Europska komisija. Europska svemirska agencija je nadležna za satelitske sustave, a Europska agencija za okoliš za *in-situ* komponentu.

Copernicus će razviti globalne servise koristeći satelitske i *in-situ*. Copernicus će doprinijeti Europskoj strategiji održivog razvoja. Podržavat će kritične odluke koje se moraju brzo donijeti za vrijeme izvanrednih situacija kao što su poplave i humanitarne krize. Gospodarstvo i građani će imati korist kroz inovacije i poticaje za stvaranje novih praktičnih primjena proizvoda i usluga. Copernicus ja do sada najopsežniji program opažanja Zemlje te bi znanstveni i socio-ekonomski boljitci trebali biti značajni (SpaceTec partners, 2012 i SpaceTec partners, 2013). Ekonomske studije Copernicus programa ukazuju da je do 2030. godine moguće ostvariti 2.6 milijardi eura komercijalnih prihoda i ostvariti 83500 radnih mjesta posredno i neposredno vezanih uz Copernicus program. Uz to Copernicus doprinosi europskoj svemirskoj i tehnološki visoko razvijenoj industriji te podržava brojne znanstvene institucije, programe i studije. Izvori podataka za Copernicus program (slika 1) općenito se mogu podijeliti na podatke satelitskih misija i podatke *in-situ* senzora. *In-situ* izvori podataka su senzori koji mogu biti zemaljski, zrakoplovni i pomorski.



Slika 1: Copernicus podaci (URL 7)

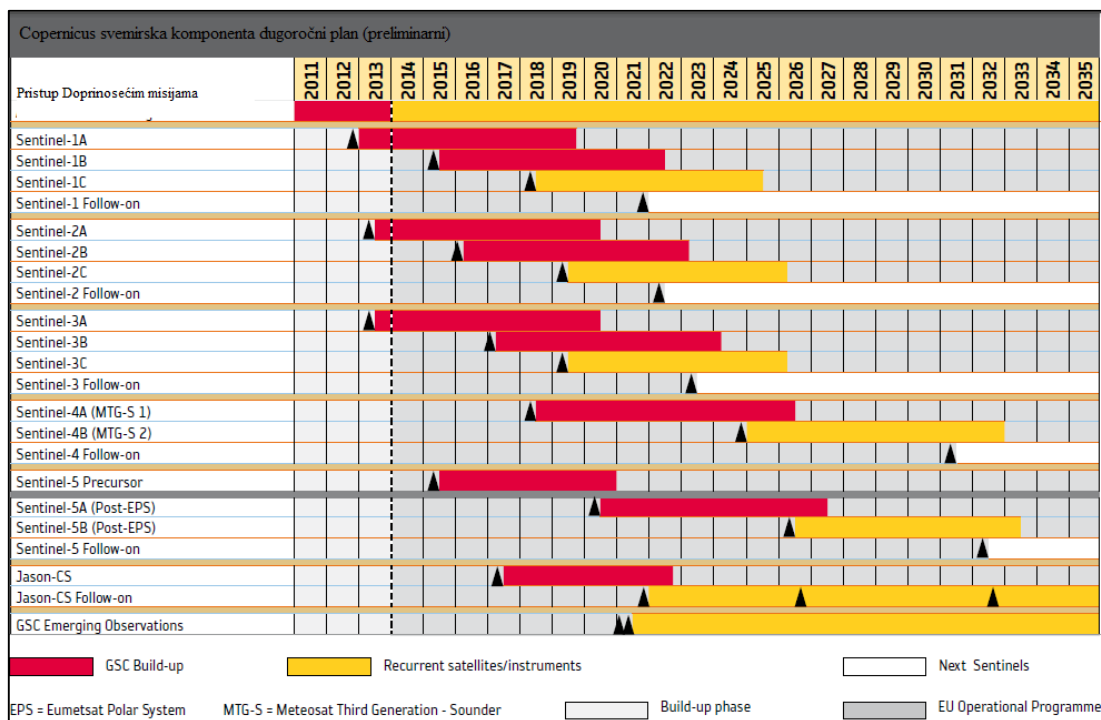
3. Sentinel satelitske misije

Copernicus program uključuje više Sentinel satelitskih misija. Za ove satelitske misije je nadležna Europske svemirske agencije (ESA). Program obuhvaća šest trajnih i jednu privremenu misiju. Projekt je započeo lansiranjem Sentinel-1A satelita 2014. godine. Cilj Sentinel programa je zamijeniti trenutne starije misije opažanja Zemlje koje su dosegle dob za umirovljenje ili se približavaju kraju svog operativnog vijeka trajanja. Tim bi se osigurala kronološka neprekinutost podataka. Svaka misija će se usredotočiti na različiti aspekt opažanja Zemlje (praćenje atmosfere, oceana i kopna), a podaci će se koristiti za brojne primjene.

Pojedina Sentinel misija će se zasnivati na konstelaciji od jednog ili više satelita da bi se postigla što bolja prostorna pokrivenost i skratilo vrijeme ponovnog preleta satelita, a što će davati robusne skupove podataka za Copernicus servise. Osnovne karakteristike Sentinel misija su:

- Sentinel-1 misija će davati podatke za potreba kopnenog i morskog servisa. Radarski instrumenti će omogućiti dobivanje podataka po danu i po noći u svim vremenskim uvjetima u vremenskoj rezoluciji od 6 dana. Sastojat će se od dva satelita. Sentinel-1A satelit je lansiran 3. travnja 2014. godine.
- Sentinel-2 je misija posvećena praćenju kopna (Richter i dr. 2011). Davati će snimke vegetacije, tla te vodenih površina u više spektralnim snimcima (Louis i dr. 2010).
- Sentinel-3 je misija s više instrumenata za mjerenje topografije morske površine, temperature površine mora i kopna te boje oceana. Misija će pružati podršku sustavima za predviđanje vremena na oceanima kao i neprekidnom praćenju okoliša i klime.
- Sentinel-4 misija je posvećena neprekidnom praćenju atmosfere koja će biti dio Meteosat treće generacije satelita u geostacionarnoj orbiti (Ahlers i dr. 2011).
- Sentinel-5p (prethodnik) je satelitska misija koja je posvećena praćenju atmosfere, Ona se razvija da bi nadomjestila nedostatak podataka nakon što prestanu raditi atmosferski spektrometri na Envisat satelitu i *Scanning Imaging Absorption spectrometer for Atmospheric Cartography* (SCIAMACHY) instrument, a prije lansiranja Sentinel-5 satelita.
- Sentinel-5 misija je posvećena neprekidnom praćenju atmosfere (Levelt i dr. 2006).
- Sentinel-6 će nositi altimetar za mjerenje globalne visine površine mora, a koji je prvenstveno namijenjen za operativnu oceanografiju i proučavanje klime.

Na slici 2 je prikazan plan lansiranja Sentinel i pridruženih misija.



Slika 2.: Plan lansiranja Sentinel i pridruženih satelitskih misija (Aschbacher i dr. 2010)

4. In-Situ mjerenja

In-situ izvori podataka uključuju zemaljska, zrakoplovna i pomorska (uključujući i bove) mjerenja (npr. zemaljskih meteoroloških stanica, oceanskih bova i mreža za nadzor kvalitete zraka i dr.). Podaci sa Sentinel satelita će se nadopunjavati *in situ* mjerenjima da bi se dobili detaljni podaci za lokalna područja. *European Environmental Agency* (EEA) je nadležna za razvoj i koordinaciju *in situ* mjerenja na nacionalnim razinama EU zemalja (URL 1). Korištenje Copernicus servisa je integralni dio EEA-ine strategije za unaprijeđenije informacija o okolišu. Copernicus također ima važnu ulogu u implementaciji *Shared Environmental Information System* (SEIS) i ima potencijal učinkovitog korištenja postojeće infrastrukture u skladu s INSPIRE direktivom. Copernicus sustav se oslanja na podatke *in-situ* mreža za neprekidno praćenje da bi pružio robusne integrirane informacije i kalibrirao i potvrdio podatke sa satelita. *In-situ* mreže su upravljanje od strane država članica i međunarodnih tijela i dogovorno čine podatke dostupne servisima (URL 5 i URL 6).

5. Copernicus servisi

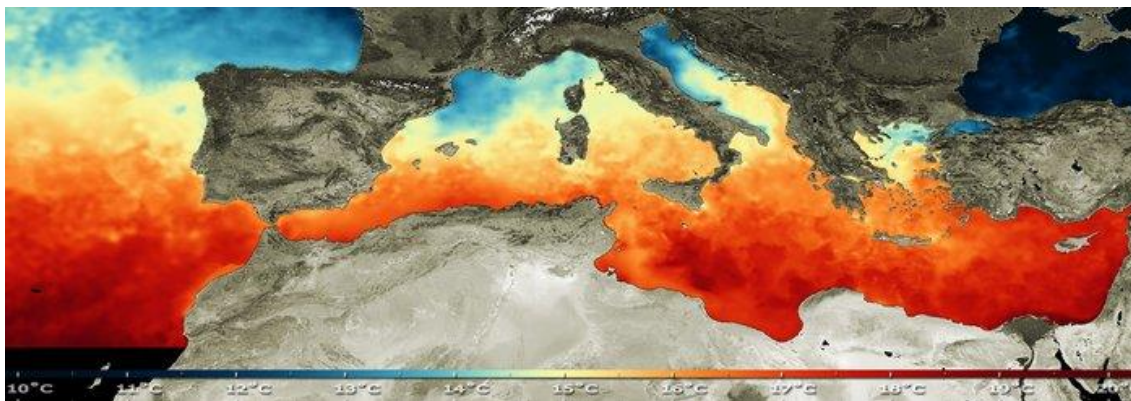
Copernicus je namijenjen davanju proizvoda i usluga za upravljanje i zaštitu okoliša, upravljanje prirodnim resursima kao i za zaštitu i sigurnost. Trenutno, Copernicus servisi i projekti zasnivaju svoje aktivnosti na snimkama dobivenim drugim satelitskim misijama. Copernicus servisi će pružati nužne informacije za šest glavnih područja: praćenje kopna, praćenje mora i oceana i praćenje atmosfere, hitne intervencije, sigurnost i klimatske promjene.

5.1 Servis praćenja kopna

Copernicus servis praćenja kopna pruža geografske informacije o pokrovu kopna i vezanim varijablama kao što su npr. stanje vegetacije ili vodeni ciklus. Podržane su primjene u raznim područjima, kao što su: prostorno planiranje, upravljanje šumama, upravljanje vodom, poljoprivreda i sigurnost opskrbe hranom itd. Servis je postao operativan 2012.

5.2 Servis praćenja mora i oceana

Copernicus servis praćenja mora daje redovite i sustavne informacije o stanju i dinamici mora i oceana u svrhu njihove zaštite i učinkovitijeg upravljanja morskim okolišem i resursima. Primjerice, davanje podataka o strujama, vjetrovima i morskom ledu pomaže unapređenju pomorskih ruta, operacijama spašavanja doprinoseći sigurnosti na moru (URL 1). Servis također doprinosi zaštiti i održivom upravljanju živih morskih resursa posebice za uzgoj riba, istraživanje ribarstva ili regionalne ribarske organizacije. Na slici 3 su prikazane temperature mora.



Slika 3: Temperature mora (URL 2)

Podaci ovog servisa (npr. temperatura, salinitet, razina mora, struje, vjetar, morski led i dr.) imaju važnu ulogu u domenama vremenskih, klimatskih i sezonskih prognoza.

5.3 Servis praćenja atmosfere

Servis praćenja atmosfere omogućuje praćenje, procjenjivanje i predviđanje kvalitete zraka na kontinentalnoj, regionalnoj i lokalnoj razini. Dugoročna, visokokvalitetna opažanja sastava atmosfere su nužna za neprekidno praćenje klime i čine osnovu za nadzor zagađivača (Kaufman i Sendra, 1988 i Schlöpfer i dr. 1998). Copernicus servis praćenja atmosfere daje podatke i informacije o sastavu atmosfere. Servis opisuje trenutnu situaciju, predviđa stanje par dana unaprijed i dosljedno analizira prethodne podatkovne zapise. Servis podržava brojne primjene u raznim domenama uključujući: zdravstvo, praćenje okoliša, energija iz obnovljivih izvora, meteorologiju, klimatologiju i dr. Servis daje dnevne informacije o globalnom sastavu atmosfere. On prati i predviđa stanje stakleničkih plinova (ugljkov dioksid i metan), reaktivnih plinova (npr. oksidirani dušikovi spojevi, sumporni dioksid), ozona i aerosola.

5.4 Servis za hitne intervencije

Copernicus servis za hitne intervencije pruža svim sudionicima uključenim u upravljanje prirodnim katastrofama, ljudski uzrokovanim katastrofama i humanitarnim krizama geoprostorne informacije dobivene sa satelita dopunjene sa *in situ* podacima i ostalim dostupnim podacima. Cilj servisa je pojačati kapacitet Europske Unije za odgovor na potrebe hitnih intervencija koje mogu biti uzrokovane ekstremnim vremenom, potresima i ljudski uzrokovanim krizama kao što su na primjer izljevi nafte i humanitarne krize. Servis je počeo s radom 1. travnja 2012. godine. Na slici 4 je Copernicus karta poplava u Sisku u travnju 2014. godine.



Slika 4: Copernicus karta poplave u Sisku u travnju 2014. godine (URL 2)

5.5 Servis za sigurnost

Copernicus servis za sigurnost teži podržavanju vezanih politika EU po sljedećoj listi prioriteta: nadzor granica, pomorski nadzor i podrška vanjskim EU aktivnostima.

U područjima nadzora granica, glavni ciljevi su smanjenje broja ilegalnih imigranata koji ulaze u EU, smanjenje broja mrtvih ilegalnih imigranata spašavajući više života na moru i povećavanje unutrašnje sigurnosti EU kao cjeline.

U području pomorskog nadzora, glavni cilj Europske Unije je osiguravanje sigurne upotrebe mora i sigurnost Europskih pomorskih granica. Ciljevi servisa se uglavnom vežu za sigurnost navigacije, pomorsko zagađenje, provođenje zakona i sveobuhvatnu sigurnost.

U području podrške EU vanjskim aktivnostima Europa ima odgovornost promicanja stabilnih uvjeta za ljudski i ekonomski razvoj, ljudskih prava, demokracije i osnovnih sloboda. U ovom kontekstu, glavni cilj EU je davanje pomoći trećim zemljama u slučajevima kriza i sprječavanje globalnih i transregionalnih prijetnji koje imaju destabilizirajući učinak.

Copernicus servis za sigurnosne primjene je još u fazi razvoja.

5.6 Servis za klimatske promjene

Copernicus servis za klimatske promjene odgovara na izazove promjena okoliša i društva povezane sa promjenjivošću klime i ljudski uzrokovanim klimatskim promjenama. Servis će omogućiti praćenje nekoliko klimatskih pokazatelja (npr. porast temperature, rast razine mora, topljenje ledenjaka, porast temperature oceana i dr.). Copernicus servis klimatske promjene je u tijeku implementacije.

6. Zaključak

Copernicus program je do sada najopsežniji program opažanja Zemlje. To je jedan od temeljnih razvojnih programa EU-a u koji će se ulagati znatna sredstva u slijedećem razdoblju. Glavna tematska područja (zemlja, more, atmosfera, promjena klime, upravljanje hitnim intervencijama i sigurnost) definiraju osnovne smjerove razvoja ali Copernicus podaci će imati puno širi raspon primjena. Copernicus će se sastojati od šest Sentinel misija koje mogu uključivati jedan ili više satelita. Satelitski podaci će se nadopunjavati *in situ* podacima (mjerenjima na kopnu, moru i zraku). Ovaj program će omogućiti dobivanje cijelog niza geoprostornih proizvoda i usluga koje će znatno utjecati na tržište geoprostornih podataka. Copernicus program će imati značajan utjecaj na razvoj znanosti, gospodarstva i društva u cjelini. Realizacija Copernicus servisa i primjena trebala bi značajno poboljšati sigurnost, održivi razvoj, načine upravljanja prirodnim resursima, zaštitu okoliša, praćenje klimatskih promjena i brojne druge elemente znanosti, gospodarstva i društva u cjelini. U geodeziji i geoinformatici Copernicus program bi trebao donijeti brojne promjene i to ne samo poboljšavanjem postojećih proizvoda i usluga već razvojem potpuno novih. Osim toga to je još jedna šansa da se struka afirmira u tiskoj izradi geoprostornih proizvoda i usluga sa drugim strukama.

Literatura

- Ahlers, B., Courrèges-Lacoste, G., Guldimann, B., Short, A., Stark, H., Veihelelmann, B., (2011): The Sentinel-4/UVN instrument on-board MTG-S, Eumetsat meteorological satellite conference.
- Aschbacher, J., Beer, T., Ciccolella, A., Pilar, M., Paliouras, M., Paliouras, E. (2010): Observing Earth, for a safer planet - GMES Space Component: status and challenges, European Space Agency Bulletin, 142, 22-31.
- Europska komisija (2012): Copernicus: novo ime za Europski program opažanja Zemlje. Priopćenje za tisak.
- Kaufman, Y., Sendra, C. (1988): Algorithm for automatic atmospheric corrections to visible and near-IR satellite imagery, International Journal of Remote Sensing, 9, Nr. 8, 1357-1381.
- Levelt, P. F., van den Oord, G. H. J., Dobber, M., Eskes, H., van Weele, M., Veefkind, P., van Oss, R., Aben, I., Jongma, R. T., Landgraf, J., de Vries, J., Visser, H. (2006): TROPOMI and TROPIS: UV/VIS/NIR/SWIR instruments. SPIE, 6296, Earth observing system XI, 629619.
- Louis, J., Charantonis, A., Berthelot, B. (2010): Cloud Detection for Sentinel-2, Proceedings of ESA Living Planet Symposium.

- Martinić, L. (2015): Copernicus program opažanja Zemlje. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Diplomski rad. 2015. Zagreb.
- Schläpfer, D. Borel, C., Keller, J., Itten, H. (1998): Atmospheric pre corrected differential absorption technique to retrieve columnar water vapor. *Remote Sens. Environ.* 65, 353-366.
- SpaceTec partners (2012): Publishable Executive Summary: Assessing the Economic Value of Copernicus: European Earth Observation and Copernicus Downstream Services Market Study, Specific Contract under the Framework Service Contract 89/PP/ENT/2011 –LOT 3.
- SpaceTec partners (2013): Final Extended Executive Summary: European Earth Observation and Copernicus Midstream Market Study, Specific Contract under the Framework Service Contract 89/PP/ENT/2011 –LOT 3.
- Richter, R., Wang, X., Bachmann, M., Schlaepfer, D. (2011): Correction of cirrus effects in Sentinel-2 type of imagery, *Int. J. Remote Sensing*, 32, 2931-2941.
- URL 1: Copernicus program, <http://www.copernicus.eu/> (04.06.2015.)
- URL 2: Europska svemirska agencija, <http://www.esa.int/ESA> (07.08.2015.)
- URL 3: Europska agencija za okoliš, <http://www.eea.europa.eu/> (04.06.2015.)
- URL 4: Portal za opažanje Zemlje, <https://directory.eoportal.org> (04.06.2015.)
- URL 5: Sousa, A., Schuren, E., Andersen, H., Chan, K., Gunter, Z. (2011): Report on in-situ data requirements, <http://www.groom-fp7.eu> (26.08.2015.)
- URL 6: Müller, M. (2011): Revised list of stakeholders, <http://gisc.pbe.eea.europa.eu> (26.08.2015.)
- URL 7: Smelts, B., Van Holst, R. (2014): Copernicus Land Monitoring Services for drought analysis. <http://land.copernicus.eu> (26.08.2015.)

Influence of the Copernicus Earth observation program on geoinformation products and services

Abstract: European Commission (EC) started Copernicus Earth observation program, and it is one of the fundamental development programs of EU. Copernicus program will focus on six thematic areas: monitoring Earth, monitoring sea, monitoring atmosphere, monitoring climate changes, crisis management in emergency situations and security. Copernicus data will have broad spectrum of usage including environment protection, management of urban areas, regional and local planning, farming, forestry, fishery, transport, climate changes, sustainable development, tourism and other. Copernicus program will include more satellite missions, called Sentinel. Sentinel satellite data will be used with in situ measurement data. The program will enable development of broad spectrum of geospatial products and services. They will significantly influence on the geospatial market. European Commission focused financing of more projects in Horizon 2020 and structural funds. Under development are more thematic Copernicus network services as: Earth monitoring, sea, atmosphere, services to manage emergency situations, security and climate changes. Copernicus program will significantly influence spatial information product and services as well market and society.

Key words: Copernicus, Earth observations, geospatial products, in situ, Sentinel