

# INFRASTRUKTURA PROSTORNIH PODATAKA SVEMIRSKIH ISTRAŽIVANJA: STATUS I MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA

Zvonimir Nevisti<sup>1</sup>, Ilija Bašić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu (e-mail: znevistic@geof.hr, zbacic@geof.hr)

## Sažetak

Katastar, osnovna evidencija o prostoru danas je ograničen na Zemlju. Kako danas svjedočimo novom zamahu istraživanja svemira i ambicioznim planovima ljudskih misija na Mjesec i planete Sunčevog sustav, samo je pitanje vremena kada će se određeni oblik katastra početi primjenjivati na svemirska tijela. Intenzivno opažanje nebeskih tijela kroz različite svemirske misije u proteklom desetljeću nametnulo je potrebu da se podaci prikupljeni tim misijama sustavno pohranjuju i pružaju korisnicima na korištenje. To je učinjeno kroz arhive svemirskih agencija te specijalizirane portale. Podaci su besplatno dostupni svima, a povećanjem multidisciplinarnosti lansiranih misija povećao se i interes za pristup podacima. No, prilikom pristupa, preuzimanja i pretraživanja ovog vrijednog skupa podataka, korisnici često nailaze na brojne probleme. Trenutačni načini pohrane usmjereni su na njihovo dugoročno arhiviranje s neadekvatnim funkcionalnostima pristupa i pretraživanja koje ne zadovoljavaju potrebe šire grupe korisnika. Iz tog razloga podaci ostaju neiskorišteni. Kako bi se isti učinili efikasno dostupnim, na putu do nekog budućeg „katastra svemirskih tijela“, potrebno je razviti generalni model standardizirane organizacije i pohrane prostornih podataka nebeskih tijela (PPNT) s ciljem njihove efikasne uporabe i razmjene. Oslanjajući se na koncept infrastrukture prostornih (georeferenciranih) podataka (IPP) potrebno je razviti infrastrukturu prostornih podataka nebeskih tijela (IPPNT) po uzoru na zemaljske inicijative. U ovom radu dat će se detalj pregled načina pohrane i distribucije podataka svemirskih istraživanja i njihovih nedostataka te će se prikazati mogućnost uspostave IPPNT-a po uzoru na zemaljske IPP inicijative koja će zadovoljavati potrebe širokog kruga korisnika.

**Ključne riječi:** arhive podataka svemirskih istraživanja, IPPNT, podaci svemirskih istraživanja.

## 1. UVOD

Izvedba mnogih zadataka uvelike ovisi o dobrim, konzistentnim i lako dostupnim prostornim podacima. Velika količina prostornih podataka koji su se pojavili unazad 15-ak godina ne olakava njihovu uporabu. S jedne strane, izazovno je pronaći i pristupiti bazama prostornih podataka koje se distribuiraju u raznim vladinim agencijama i na web-portalima (Li i dr. 2016). S druge strane, postoji velika redundantnost podataka pri čemu se troši novac i ljudski resursi kako bi se prikupili i održavali duplicirani podaci (Maguire i Longley 2005). To je pokrenulo razvoj koncepta infrastrukture prostornih podataka (IPP) koji rješava problem pronalaska prostornih podataka i smanjenje njihove redundantnosti (Hu i Li 2017) te omogućuje bolje upravljanje podacima čime se može ostvariti ekonomska i ekološka korist.

IPP konceptom osigurava se osnova za pretraživanje prostornih podataka, njihovu procjenu i primjenu na svim društvenim razinama, olakava se integracija s drugim skupovima podataka čime se otvaraju nove inovativne poslovne mogućnosti, značajne uloge resursa, potiče održivi razvoj, bolje upravljanje okolišem i socijalna stabilnost (Cetl 2007, Rajabifard i dr. 2000). Osim na Zemlji, prostorni se podaci danas sve više prikupljaju i svemirskim opažanjima. Takvi podaci od posebnog su interesa jer njihova interpretacija omogućuje bolje razumijevanje Zemlje i njene dinamike. Danas svemirski podaci sve više konvergiraju s terestričkim geoznanstvenim vizualizacijama i analizama poput GIS-a i web kartama, a kako bi se ti podaci mogli točnije prikazati, sve više se prikupljaju i podaci s prostornom komponentom. Velike količine novih podataka koje se arhiviraju svake godine novim svemirskim misijama u raznim arhivama nisu pogodni za neposrednu uporabu stoga uz podatke se pohranjuju i odgovarajući metapodaci kako bi se olakšala njihova uporaba i za korisnike izvan područja svemirskih istraživanja (MAPSIT Team 2019). Povećanjem broja multidisciplinarnih svemirskih misija povećao

se broj znanstvenika i –ire javnosti koji flele pristupiti tim podacima. Prikupljanje i distribucija podataka svemirskih istraffivanja nailaze na brojne izazove. Jedan od izazova je standardizacija metoda pohrane podataka koja je klju na za to nu i preciznu analizu i znanstvena istraffivanja. Danas je taj problem od velikog interesa s obzirom da je pristup podacima jednostavan i dostupan svima te jo– uvijek ne postoje adekvatni na ini skladi–tenja podataka kao i njihove distribucije. Trenuta no postoji nekoliko arhiva u kojima je mogu e prona i podatke, a pretraffivanje podataka unutar njih (ili bilo koja druga vrsta semanti ke pretrage) esto je ograni eno. Kao najve i problem postoje ih arhiva name e se vidljivost, dostupnost, razumijevanje i tuma enja podataka kao i o ekivanja korisnika za interaktivnim uslugama koje e im pomo i istraffiti, otkriti, sortirati i vizualizirati podatke prije njihovog preuzimanja (Borden i Bishop 2019, Hare i dr. 2018).

S obzirom na navedeno, javlja se potreba za infrastrukturom prostornih podataka nebeskih tijela (IPPNT) kao pro–irenog koncepta tradicionalnog IPP-a, a koji bi trebao rije–iti izazove prikupljanja, upravljanja, pronalafenja i uporabe podataka svemirskih misija. Trenuta na dostupna rje–enja esto su usmjerena na tehnologiju, a umjesto toga trebali bi se usredoto iti pojednostavljenju pristupa podacima i pobolj–avanju uporabe podataka. Za uspje–nu provedbu koncepta IPPNT-a nufna je reorganizacija metoda pohranjivanja podataka te primjena op eprihva enih me unarodnih standarda na iste

## 2. PODACI SVEMIRSKIH ISTRAŽIVANJA

Planetarna znanost predstavlja znanost o prou avanju planeta, mjeseca i ostalih svemirskih tijela u Sun evom sustavu i svemiru (Hunter 2019). Mnoge druge znanstvene discipline mogu se primijeniti u planetarnoj znanosti poput geologije, geografije i GIS-a, geodezije i daljinskih istraffivanja, geofizike, mineralogije, vulkanologije, geomorfologije i drugih. Sve te discipline se primjenjuju kako bi se odredila to na procjena onoga –to se doga a na tijelima. Planetarni znanstvenici rade na pobolj–anju na–eg razumijevanja planeta i drugih svemirskih tijela kroz prou avanje atmosfere, povr–ine i njihove unutra–njosti. Poku–ava se razumjeti podrijetlo planeta i njihovih fizi kih procesa i sustava, kao i karakteristike asteroida i drugih objekata u svemiru (NASA 2019).

U dana–nje vrijeme se sve vi–e prikupljaju prostorni podaci na planetima i drugim tijelima. NASA trenutno raspolafle koli inom od 2 petabajta prostornih podataka prikupljenim u razli itim svemirskim misijama, a velike koli ine podataka arhiviraju se svake godine s novim aktivnim misijama. Sami podaci koji su pohranjeni u raznim arhivama nisu omogu eni za neposrednu uporabu od strane nestru nih znanstvenika stoga se uz njih osiguravaju i odgovaraju i metapodaci, zajedno sa slikovnim podacima kako bi se olak–alo njihovo kori–tenje i za –iru javnost (MAPSIT Team 2019).

Osnovna podjela svemirskih podataka je na fundamentalne podatke u koje spadaju geodetske kontrolne mreffe, topografski podaci i orto–slike. Drugu skupinu podataka ine okvirni podaci (eng. framework data) u koje, izme u ostalog ubrajamo kompozicijske karte, planetarnu nomenklaturu i geolo–ke karte. Svi navedeni podaci prikupljaju se u prostornom kontekstu odnosno s pripadnom informacijom o poziciji u referentnom koordinatnom sustavu planeta. Osim navedenih, u arhivama svemirskih agencija moffemo prona i i brojne druge podatke (altimetrijske podatke za pojedino svemirsko tijelo, podatke o plazmi i atmosferi planeta, orbitalne podatke, radarske podatke, geometrijske oblike planetarnih modela i njihovih dijelova, spektrometrijske podatke, seizmi ki podaci, termalni modeli, topografski podaci i dr.) Najzastupljeniji tipovi podataka su geolo–ki podaci kojih se u svim arhivama moffe prona i najvi–e za svaki planet i ostala svemirska tijela. Formati u kojima se podaci naj e– e pohranjuju su VICAR (Video Image Access and Retrieval) format, PDS (Planetary Data System), FITS (Flexible Image Transport System) i Raw formati poput JPEG-a.

U planetarnoj znanosti, posebno kada se radi o podacima s prostornom komponentom, iznimno vafnu ulogu imaju kartografija, GIS i daljinska istraffivanja. Zahvaljuju i Me unarodnoj astronomskoj uniji (IAU ó International Astronomical Union) gotovo sva ve a tijela u na–em Sun evom sustavu imaju definirane geodetske parametre –to omogu uje njihovo kartiranje i interoperabilnost (Hare i dr. 2018). Vafnu ulogu u prikupljanju podataka, posebice prostornih ima i nomenklatura, odnosno toponimi. IAU je nadleffno tijelo za planetarnu i satelitsku nomenklaturu od po etaka svojih razvoja u 1919.

godini. Kao i kod zemaljskih podataka, dosljedna i to na nomenklatura presudna je za u inkovito iskori-tavanje podataka. Za svaki planet prikupljaju se velike koli ine (stotine gigabajta dnevno) podataka, a GIS alati služe kao osnova za provo enje prostornih analiza nad tim podacima. Daljinska istraflivanja su naj e- e kori-tena metoda prikupljanja podataka za potrebe svemirske geodezije bilo da se radi o radarskim, laserskim instrumentima ili altimetrima, ali koriste se i druge metode poput promatranja orbitalnih kretanja prirodnih satelita (Bills 1997).

Ovi podaci omogu uju bolje razumijevanje o na-em Sun evom sustavu i koriste se za ublaflavanje opasnosti flivota na Zemlji. Istraflivanje ovih podataka uvelike doprinosi i razvoju znanosti op enito, a inovativna priroda svemirskih misija i projekata stvara nove tehnologije i tehnike prou avanja koje e kasnije biti od koristi za -iru javnost na Zemlji i kojima se pridonosi obrazovanju nadolaze ih generacija. Osim znanstvenicima, svemirska istraflivanja doprinose i -iroj javnosti u obliku rastu eg razumijevanja Sun evog sustava i zna aja na-eg planeta u njemu (US Congress 2011). Posljednje desetlje e biljeffimo procvat s velikim brojem misija koje su se vratile i arhivirale podatke ime se pove ao broj znanstvenika koji flele pristupiti podacima. No, prikupljanje i distribucija podataka nailaze na brojne izazove. Jedan od njih je standardizacija kartografskih metoda i podataka koja je kriti na za to nu i preciznu analizu i znanstvena istraflivanja. Danas je ovaj problem od velikog interesa s obzirom da je pristup podacima jednostavan i dostupan svima. Podaci svemirskih istraflivanja u najve oj mjeri dostupni su svima, u svom punom opsegu, no veliki problem je njihov pronalazak i tuma enje (Hare i dr. 2018). Stoga, potrebno je stvoriti prostorne podatke koji e udovoljiti korisnicima (razvojem politika, standarda i dr.) te koje e biti jednostavno prona i, dijeliti i tuma iti (metapodaci).

### **3. PRISTUP PODACIMA SVEMIRSKIH ISTRAŽIVANJA**

Podaci svemirskih istraflivanja u najve oj mjeri dolaze s instrumenata odre enih misija, a za njihov pronalazak postoji nekoliko razli itih arhiva i portala. Najve a arhiva podataka svemirskih istraflivanja, koja obuhva a sve podatke prikupljene misijama koje su u nadlefnosti NASA-e, ali i drugih svemirskih organizacija je Planetary Data System (PDS). On se sastoji od nekoliko vorova (pristupnih to aka) od koji svaka ima zasebno su elje -to pronalazak ovih podataka ne ini jednostavnim. Svrha ovakve arhive je da podaci budu javno dostupni svima, znanstvenicima, inflejerima i drugim korisnicima. No, problem se javlja u injenici da je odre eni podatak od interesa korisnika te-ko prona i te ne postoje odgovaraju i metapodaci za njegovo tuma enje. Za uspje-no pretraflivanje podataka potrebno je imati odre ena predznanja. Podaci se pretrafluju prema instrumentu i misiji koja je prikupila podatak. Arhiva je u velikoj mjeri prilago ena znanstvenicima iz domene svemirskih istraflivanja, dok ostali korisnici moraju ulofiti vrijeme i trud kako bi prona-li podatke od interesa. Tako er, opcije filtriranja i pretraflivanja podataka su ograni ene i nije mogu e pretrafiti cijeli skup podataka ve samo odre eni tematski vor, a vizualno pretraflivanje u ve ini slu ajeva nije omogu eno. Za arhiviranje podataka koristi se PDS (Planetary Data System) Standard u verziji PDS3/4. Standard je razvijen od strane IPD (International Planetary Data Alliance) u suradnji s NASA-om. Na taj na in standardizirani je postupak pohrane podataka i metapodataka te je svaki arhivirani podatak recenziran. Iako se koristi spomenuti standard, metapodaci esto ne daju dovoljno informacija za tuma enje i uporabu podataka, a opisi koriste specijalizirane i stru ne termine nerazumljive za -iroki krug korisnika.

Osim PDS-a postoje i druge pristupne to ke poput ESA-ine Planetary Science Archive (PSA) u kojoj su arhivirani podaci Europskih svemirskih misija, ali i drugih misija poput NASA-inih s kojima ESA ima potpisan sporazum. PSA kao i PDS koristi PDS3/4 standard za arhiviranje podataka ime je omogu ena interoperabilnost podataka izme u svemirskih agencija. Osim ESA-e i NASA-e, ovaj standard koriste i sve druge svemirske agencije koje se nalaze u IPD-a.

Osim arhiva svemirskih agencija, postoji i veliki broj specijalizirani portala zasebnih misija ili tematskih proizvoda gdje upravitelji misija stavljaju podatke korisnicima na kori-tenje. Takvi portali, ali i spomenute arhive imaju i alate koji omogu uju pred-obradu podataka prije preuzimanja. Na

portalima se mogu pronaći i različiti slikovni i kartografski proizvodi, alati za njihovu tumačenje i obradu. Većina misija arhivira podatke u izvornim formatima instrumenata kojima su prikupljeni. Iako postoje brojne pristupne točke, nailazimo na veliki problem prilikom pristupa i razumijevanja podataka. Arhive u većini krajeva moraju odgovoriti na nove izazove stavljene pred njih, a glavni predstavlja razumijevanje i tumačenje podataka kao i jednostavniji pronalazak traženih podataka s obzirom da sve veći broj javnosti pokazuje interes za podatke. Korisnici traže interaktivne usluge koje će im pomoći i istraživati, otkriti, sortirati i vizualizirati podatke prije nego što podatke preuzmu lokalno.

### **3.1 Nedostaci postojećih rješenja**

Istraffivanja trenutno njih arhiva i portala za pristup podacima svemirskih istraffivanja ukazuju na mnoge nedostatke. Svemirska istraffivanja su interdisciplinarna te za njih pokazuju interes i znanstvenici drugih struka. Prikupljeni podaci trebaju biti jednostavno, efikasno i razumljivo dostupni svima. Analizom prethodno navedenih arhiva i servisa za pronalazak podataka svemirskih istraffivanja izdvojeni su temeljni nedostaci iz perspektive korisnika izvan područja svemirskih istraffivanja i stručnjaka za prostorne podatke i IPP (Nevisti i Bačić 2022):

- S obzirom na postojanje većine pristupnih točaka (arhive, portali, izvori) javlja se raspršenost podataka,
- Podaci su ne dosljedni i ne razumljivi za znanstvenike izvan područja svemirskih istraffivanja, a metapodaci nisu kreirani na način da bi olakšali njihovo razumijevanje,
- Podaci su pohranjeni u formatima koji se ne mogu koristiti u standardnim alatima za obradu, a transformacija istih u standardne formate stvara rizik od gubitka ili smanjenja kvalitete,
- Povezano s formatima podataka, javlja se problem njihove interoperabilnosti,
- Bez detaljnog poznavanja misije i instrumenata na misiji javlja se ne mogućnost pronalaska podataka od interesa, a traženi podatak mora se ciljano pretraživati s prethodnim znanjem
- Arhive i servisi su tehnološki orijentirane, a ne na potrebe korisnika. Poboljšanje arhiva koje bi već bili okrenute korisnicima (eng. user friendly) pojednostavio bi se pronalazak podataka,
- Većina podataka nije moguće vizualizirati prije preuzimanja,
- Pretraffivanja se temelje na poznavanju činjenica o podacima,
- Ne postoji mogućnost pretraffivanja cijele arhive već dijelova prema zadanim kriterijima,
- Opcije filtriranja podataka i njihovog sortiranja daju prevelike previše rezultata s istim i sličnim opisima i oznakama,
- Popratnu dokumentaciju u određenim slučajevima je vrlo teško pronaći te je ista često nerazumljiva za ostale korisnike,
- Upute za korištenje arhiva su slabo distribuirane i većinom napisane,
- Za pretraffivanje i preuzimanje podatka od interesa potrebno je uložiti previše truda i vremena,
- Ne postoji zahtjev da podaci budu točno prostorno smješteni na objektu (planetu) što bi omogućilo pravilnije korištenje podataka i usporedbu s drugim podacima,
- Arhive koriste zastarjele standarde, pogotovo u pogledu koordinatnih sustava i okvira.

## **4. MOGUĆNOSTI POBOLJŠANJA**

Količina podataka prikupljenih svemirskih istraffivanjima svake se godine naglo povećava, stoga, motivacija za podršku uobičajenim, interoperabilnim formatima podataka i standardima isporuke podataka nije samo poboljšanje pristupa podacima i proizvodima već i rješavanje problema distribucije sve većine podataka. Korištenje standardiziranih formata i metoda pristupa podacima, primjerice primjena OGC standarda koji pružaju dosljedan pristup podacima i uslugama, uspješno su usvojile mnoge svemirske organizacije. Usvajanje standardnih načina pristupa podacima omogućuje njihovo jednostavno korištenje u mnogim alatima i aplikacijama, ali i u web preglednicima. Osim navedenog, korištenjem standarda povećava se doseg podataka, omogućuje se bolje vizualizacije i analize podataka te se povećava njihova ukupna dostupnost, kao i bolje poslovanje organizacije

odgovorne za podatke (Hare i dr. 2018). Spomenuti nagli porast podataka svemirskih istraffivanja doveo je razli itih interoperabilnih inicijativa unutar svemirske zajednice uklju uju i interoperabilne rasterske formate i alate, standarde web kartiranja, zatim kartografske standarde i standarde za primjenu koordinatnih referentnih sustava. Tako, primjerice, USGS razvija kartografske standarde za prikaz atributnih podataka na svemirskim tijelima kako bi se ujedna ili prikazi i omogu ilo jednostavnije tuma enje podataka. IAU je oformio radnu skupinu koja koja definira geodetske referentne okvire za sva glavna tijela Sun evog sustava. To uklju uje definiciju sjevera, po etnog meridijana i ekvatora te definiciju geometrijskog tijela (oblika) kojim se aproksimira oblik promatranog tijela Sun evog sustava ime se ostvaruje definicija vertikalnog datuma. Usvajanjem preporuka IAU-a mogu a je razmjena koordinata (prostornih informacija) i razumijevanje prostornih odnosa jer na taj na in svi korisnici koriste isti sustav. Isto tako, IAU je nadleffno tijelo za objavljiivanje nomenklature na svemirskim tijelima ime se omogu uje kori-tenje istih naziva za zna ajke koje se opisuju. Razvijeni su i mnogi interoperabilni alati za procesiranje i analizu karata i drugih prostornih podataka svemirskih istraffivanja, a koji prate OGC standarde i dio su GDAL biblioteke. USGS je predvodnik takvih inicijativa te objavljuje podatke u standardnim web servisima poput WMS-a, WFS-a i drugih za svoje proizvode i NASA-ine podatke.

Postoje i posebne inicijative za pobolj-anje interoperabilnosti podataka svemirskih istraffivanja koje preporu uju kreatorima misija kori-tenje standardnih formata prilikom distribucije podataka. Tako primjerice Hare i dr. (2018) preporu uju kori-tenje GeoTIFF i JPEG formata za slikovne prikaze kako bi se mogli iskoristiti u drugim standardnim alatima. Isto tako, inicijative preporu uju kori-tenje uobi ajenih standarda za distribuciju metapodataka poput FGDC ili ISO. Jedna od najzna ajniji inicijativa je MAPSIT koja e pruffiti smjernice o tome kako u initi podatke dostupnima i iskoristivima te potaknuti najbolje prakse u prikupljanju novih podataka i razvoju proizvoda i alata.

Kao jedno od najboljih rje-enja za pobolj-anje dostupnosti podataka svemirskih istraffivanja name e se uspostava infrastrukture prostornih podataka nebeski tijela (IPPNT). Laura i dr. (2017, 2018) u svojim radovima isti u kako bi se upravom ovim konceptom, po uzoru na zemaljske IPP inicijative, uvelike rije-io problem pristupa i tuma enja ovog vrijednog skupa podataka.

#### **4.1 IPPNT – koncept i vizija**

Spomenuti porast koli ine i raznolikosti podataka pokrenuli su potrebu za uspostavom IPP-a u znanstvenoj zajednici svemirskih istraffivanja. Takav IPP predstavlja pro-irenje tradicionalnog zemaljskog IPP-a kojim e se omogu iti jedinstveno prikupljanje, upravljanje, pronalafenje i kori-tenje prostornih podataka svemirskih istraffivanja. Glavna na ela prethodno opisanih arhiva podataka svemirskih istraffivanja nacionalnih agencija, kao -to su PDS ili PSA, su odrflavanje u inkovite dugoro ne archive podataka te razvoj i pruffanje korisnicima u inkovitim portalima za pronalafenje i pristup podacima. Za razliku od IPP-a, ovakve archive nisu usmjerena na korisnika, ne posjeduju semanti ke komponente pretraffivanja podatka i usmjerene su na znanstvenike i stru njake iz domene svemirskih istraffivanja. Postoje e archive, s obzirom na svoje ciljeve i na in provedbe, trenutna no ne zadovoljavaju glavan na ela IPP-a. IPP mora sluffiti -iroj zajednici iji lanovi ne trebaju biti stru njaci za prostorne podatke te koji ne razumiju na ine pohrane, pronalafenje i kori-tenje prostornih podataka. Ve ina korisnika podataka svemirskih istraffivanja stru njaci su za neki aspekt svemirskih znanosti i nisu stru njaci za prostorne podatke. Takvi korisnici flele da prostorni podaci šsamo radeō (Laura i dr. 2017). Trenuta na rje-enja pohrane svemirskih podataka previ-e su tehnolo-ki usmjerena i moraju se usredoto iti na pojednostavljiivanje pristupa podacima i pobolj-anje uporabe podataka.

Sama definicija okvira IPPNT sli na je onim zemaljskih inicijativa, ali je prilago ena svemirskoj zajednici i podacima. Definicija i koncept identificiraju prostorne podatke prikupljene svemirskim misijama, njihove korisnike i interoperabilnost kao pitanje od iznimne vafnosti za svemirsku zajednicu, ali i -iru javnost. Pristup ovom novom konceptu je usmjeren na korisnika i usluge za korisnike, a to e omogu iti u inkovito i dugoro no planiranje, razvoj, pristup i kori-tenje obuhva enih podataka. Nastoji se identificirati i razumjeti zahtjeve korisnika za kori-tenje i pristup

podacima, tehnologije, politike, standardne i zakonske okvire. Svemirski podaci za razliku od zemaljskih iznimno su specifični te se ovdje radi o podacima prikupljenim na višim različitih nebeskih tijela, stoga je se u prethodno navedenim istraživanjima na ovu temu razmatrano da bi najbolje rješenje bilo mnoštvo različitih tematskih IPP-ova (npr. IPP Marsa). Ovdje se predlaže sveobuhvatni IPP koji bi na jednom mjestu obuhvatio podatke i metapodatke svih misija, podijeljeno po tematskim područjima i na kojem bi se semantičkim pretraživanjem omogućilo dobivanje željenih rezultata na jednostavan način. Uspostava i provedba koncepta IPPNT-a mora biti usredotočena na korisnika, stoga je provedena i procjena potreba korisnika (Nevisti 2022) na temelju koje su istaknuti glavni nedostaci postojećih rješenja (poglavlje 3.1.) i izrađene smjernice za provedbu okvira.

IPPNT okvir sastoji se od 5 osnovnih komponenata; politike, standardi, tehnologije, korisnici, podaci. Dodatnu komponentu čine metapodaci bez kojih ni jedan IPP ne može adekvatno funkcionirati. Komponente su u međusobnoj interakciji i jednake onim zemaljskih inicijativa, a za potrebe IPPNT-a su definirane tako da zadovoljavaju potrebe svemirskih podataka i njihovih korisnika. Ovakvo definiranim okvirom definiraju se svi entiteti koji moraju biti angažirani prilikom uspostave i implementacije koncepta, a sami koncept zahtijeva angažiranje različitih struktura korisnika kako bi se razumjele njihove potrebe, identificiranje dostupnih i dodatnih podataka, proizvoda i pripadnih metapodataka, identificiranje dostupnih standarda i pitanja usklađenosti te razvoj potrebnih zakonskih okvira za provedbu.

Ovakvo definirani IPPNT omogućit će online pristup širokom rasponu korisnika koji će doći do prostornih podataka i usluga vezanih za svemirska istraživanja, omogućit će integraciju prostornih podataka s drugim vrstama prostornih informacija, suradnju multilateralnom razmjenom informacija i usklađenost različitih skupova podataka prikupljenih na nebeskim tijelima te olakšati definiranje i dijeljenje prostornih informacija vezanih za nebeska tijela prikupljenih svemirskim misijama. Jedan od glavnih ciljeva IPP inicijativa općenito, a tako i ove je postizanje interoperabilnosti koja bi olakšala dijeljenje informacija i omogućila korisnicima da pronađu informacije, usluge i aplikacije kada je to potrebno, neovisno o fizičkoj lokaciji i bez potrebe za ulaganjem previše vremena i znanja. Osim toga, postizanjem interoperabilnosti korisnicima se omogućuje razumijevanje i korištenje podataka i usluga bez obzira na platformu.

Uz postizanje interoperabilnosti, glavni cilj IPPNT-a je poboljšati postojeću strukturu arhiviranja i distribucije podataka svemirskih istraživanih misija, odnosno stvoriti okruženje koje će na jednostavan način omogućiti uinkoviti pristup postojećim podacima i zainteresiranim korisnicima. Taj cilj ostvaruje se kroz niz aktivnosti kojima će se poboljšati trenutno stanje, a te aktivnosti obuhvaćaju prilagodbu postojećih skupova podataka i izradu kataloga metapodataka. Prilikom provedbe koncepta, moraju se uzeti u obzir preporuke dosadašnjih istraživanja za poboljšanje interoperabilnosti podataka u svemirskoj zajednici, a uspostava kreće od samog početka s obzirom da ne postoje formalne politike, ugovori i tehnologije za provedbu IPPNT-a. U tablici 1. prikazano je trenutno stanje pojedine komponente budućeg IPPNT-a te preporuke za poboljšanje odnosno provedbu koncepta.

Tablica 1. Trenutačno stanje i prijedlog promjena komponenata IPPNT-a

Komponenta	Trenutačno stanje	Prijedlog promjena
Politike	Ne postoje formalne politike za uspostavu IPPNT-a već samo preporuke za potrebom uspostave i planovi volonterskih organizacija i pojedinih agencija	Prvi korak IPPNT-a je formalizacija politika koje s jasnim ciljem i vizijom, korisnicima na koje je usmjerena i model za koji se preporuča da bude dobrovoljni na globalnoj razini. Potrebno je uključiti sve dionike i formalno uspostaviti partnerske odnose. Predlaže se IPDA kao koordinacijsko tijelo. Donijeti sporazume i definirati radne skupine za pojedine segmente provedbe.

Subjekti	Nema jasno definiranih subjekata za provedbu IPPNT-a	Definirati različite skupine subjekata koje uključivati u upravljačku skupinu (sastoji se od predstavnika različitih uključivih organizacija i svemirskih agencija te predstavnika IPDA-e), kreatora podataka (svemirske agencije), organizaciju zaduženu za tehničku provedbu te korisnike (obuhvaćaju različite skupine unutar i izvan domene svemirskih istraživanja)
Podaci	Podaci su pohranjeni u arhivama svemirskih agencija. Ne postoje tematske kategorije već samo pojedini slojevi i zbirke unutar kojih je moguće pretraživanje. Pojedini slojevi i zbirke daju iste ili slične rezultate pretraživanja. Postoji velika redundantnost i raspršenost podataka, a većinom su distribuirani u formatima koji nisu iskoristivi u standardnim alatima za obradu. Mali broj podataka distribuiraju se putem web servisa kartiranja, a korisnici nailaze na veliki problem pronalaska podataka od interesa. Ne postoji jasno definirani model i specifikacije podataka prema nekom od dostupnih standarda	Definirati model podataka i njihove specifikacije (elemente i strukturu) pri čemu je potrebno koristiti međunarodne ISO standarde. Potrebno je definirati pravila prikupljanja, kodiranja, distribucije i kvalitete podataka. Podaci trebaju biti podijeljeni u tematske skupine. Potrebno je uključiti samo prostorno definirane podatke. Uputno je koristiti uobičajene standarde formata podataka (GeoTIFF, SHP, CSV JPEG2000 i dr.) i poticati kreatora misija da podatke distribuiraju kroz otvorene OGC standarde web kartiranja.
Metapodaci	Nepotpuni i često nerazumljivi za sve grupe korisnika. Ne postojanje ključnih riječi, uporaba stručnih termina prilikom opisa te ne postojanje nužne prostorne komponente u opisima metapodataka. Korištenje PDS4 standarda koji ne zadovoljava potrebe IPPNT-a. Prema MQA procjeni trenutni metapodaci zahtijevaju promjenu i nadogradnju za bolju iskoristivost skupova podataka.	Promijeniti način pohrane te uvesti dodatne obavezne (poveznice, ključne riječi, prostorni opis, tema, kvaliteta, ograničenja i licence) i opcionalne elemente (jezik i grafički prikazi) metapodataka. Nadograditi PDS4 standard metapodataka po uzoru na ISO, INSPIRE i FGDC standarde. Uključiti dodatne izraze sa sličnim sinonimima u riječniku metapodataka. Koristiti jednostavnije načine za identifikaciju metapodataka i opisivanje naslova.

Standardi	PDS3/4 standard za pohranu podataka svemirskih istraffivanja IPDA preporu uje za sve svoje lanice	Uvesti dodatne standarde podijeljene u pet kategorija: sadrflaj podataka, upravljanje podacima, formati i pristup podacima, metapodaci, ostali standardi. Uklju iti me unarodne i u estalo kori–tene standarde poput OGC-a (formati i pristup podacima) ili ISO (sadrflaj, metapodaci) koji e dodatnim smjericama (inicijative i organizacije) biti pro–ireni za uporabu nad specifi nim skupom podataka prikupljenih svemirskim istraffivanjima
Tehnologije	Trenuta ni na ini pohrane i distribucije podataka su previ–e štehnolo–kiō orijentirane i usmjerene na dugoro no o uvanje skupova podataka	Arhitektura koja e olak–ati distribuirani mreffni pristup s vi–estrukim funkcionalnostima i omogu iti podatke lako dostupnima. Kori–tenje rje–enja baziranih na oblaku kako bi se pove ala fleksibilnost sustava. Omogu iti online i izvan mreffnu uporabu sustava i jednostavnu integraciju s novim tehnologijama i uslugama
Funkcionalnosti pristupa	Ograni ene i esto nerazumljive funkcionalnosti pristupa s osnovnim mogu nostima pretraffivanja podataka koji ne daju fleljene rezultate za potrebe korisnika. Podaci se pretrafluju po pojedinim slojevima i vorovima.	Omogu iti jednostavne alate pretraffivanja i filtriranja na temelju adekvatnih metapodataka, vi–ekriterijsko pretraffivanje na temelju lokacije, vremena, organizacije, fizi kih parametara, razlu ivosti i dr. Omogu iti podr–ku za online i izvan mreffnu uporabu putem mobilnog i desktop pristupa, pristup skeniranim dokumentima, izvje– ima i drugim tekstualnim zapisima. Uvesti kriterij rangiranja dostupnosti skupova podataka.
Katalo–ke usluge	Katalo–ke usluge trenuta no ne postoje	Uspostaviti distribuirani katalog metapodataka s mogu nostima upita nad metapodacima koji se nalaze na mnogo razli itih posluflitelja, odnosno, nad podacima u vi–e razli itih arhiva. Prilagoditi su elje za pretraffivanje prema zahtjevima korisnika. Implementirati indeksiranja nad metapodacima uvo enjem semanti kog indeksiranja i kontekstualnog pretraffivanja.

## 5. ZAKLJUČAK

Podaci svemirskih istraffivanja predstavljaju vrlo vrijedan skup informacija koji se mogu primjenjivati u razli ite svrhe, a porastom broja svemirskih misija, raste i interes za podacima od strane –ire javnosti. No, prilikom pretraffivanja i interpretacije ovih podataka korisnici esto nailaze na broje probleme. Kao najbolje rje–enje za te probleme name e se uspostava IPPNT-a kao pro–irenog koncepta zemaljskog IPP-a. Ovaj novi koncept u svojoj uspostavi kre e od samih po etaka, a njegova



uspostava bila bi temeljni preduvjet a poboljšanje upravljanja svemirskim podacima. Prvi korak je uspostave je kreirati formalne politike za uspostavu te subjekte –to e omogu iti opskrbu podacima i tehni ku provedbu same inicijative. Korisnici moraju biti razli ite skupine (izvan i unutar svemirske domene), a svaka od njih e doprinijeti ostvarivanju zadane vizije. Provedbom IPPNT-a rije-it e se trenutna na raspr-enost podataka, a pristup podacima bit e omogu en s jednog mjesta. Primjenom me unarodnih standarda nad podacima posti i e se interoperabilnost inicijative, a definirani okvir e pruffiti korisnicima razumijevanje podataka u pogledu referentnih koordinatnih sustava i ostalih segmenata za njihovu daljnju uporabu. Poboljšanjem formata i distribucije podataka kroz preporu ene web servise podaci e se mo i koristiti u standardnim alatima za obradu poznatim ve ini korisnika. Definicijom ovakvog okvira podataka otvorit e se broje mogu nosti njihove primjene te podaci ne e kao do sada ostati neiskori-teni. Jedan od temelja je poboljšanje metapodataka prema uobi ajenim standardima –to e omogu iti jednostavnije pretrafivanje i iskori-tavanje skupa svemirskih podataka za sve skupine korisnika. Ovim konceptom pro-irit e se uobi ajeni me unarodni standardi na podatke svemirskih istraflivanja. Korisnicima e se omogu iti jednostavniji pristup podacima s dodatnim funkcionalnostima i naprednim opcijama –to e pove ati broj korisnika ovog vrijednog skupa podataka. Korisnici e trebati utro-iti manje vremena za pronalazak podataka, a njihovo tuma enje bit e jednostavnije. Uspostavim katalo-kih usluga omogu it e se pretrafivanje cijelog skupa podataka s jednog mjesta. Sve ovo doprinijet e poboljšanju znanosti op enito, ali i boljem razumijevanju na-eg planeta. Kako danas svjedo imo novom zamahu istraflivanja svemira i ambicioznim planovima ljudskih misija na Mjesec i planete Sun evog sustav, samo je pitanje vremena kada e se odre eni oblik katastra po eti primjenjivati na svemirska tijela, a IPPNT e postaviti temelj njegovu provedbu.

## LITERATURA

- Bills B.G. (1997): Planetary geodesy. Poglavlje u knjizi: Encyclopedia of Planetary Science. Encyclopedia of Earth Science. Springer, Dordrecht. DOI: 10.1007/1-4020-4520-4\_313
- Borden, R. M., Bishop, B., W. (2019): Assessing Planetary Data Access and Use, U zborniku 4th Planetary Data Workshop, id. 2151 (7004), Flagstaff, Arizona.
- Cetl, V. (2007): Analiza poboljšanja infrastrukture prostornih podataka, Doktorska disertacija, Sveu ili-te u Zagrebu-Geodetski fakultet, Zagreb.
- Hare, T. M., Rossi, A. P., Frigeri, A., Marmo, C. (2018): Interoperability in planetary research for geospatial data analysis, Planetary ans Space Science, Vol. 150. str. 36 ó 42. DOI: 10.1016/j.pss.2017.04.004
- Hu, Y.,Li, W. (2017): Spatial Data Infrastructures, Poglavlje u: The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge, John P. Wilson (ed.).DOI: 10.22224/gistbok/2017.1
- Hunter, M. (2019): Supporting the Life-Cycle of planetary geospatial data. Esri User Conference USGS Astrogeology science center. Dostupno online: [https://www.esri.com/content/dam/esrisites/en-us/about/ events/media/UC-2019/user-presentations/UC\\_18.pdf](https://www.esri.com/content/dam/esrisites/en-us/about/ events/media/UC-2019/user-presentations/UC_18.pdf) (21.03.2022.).
- Laura, J. R., Archinal, B. A., Bland, M. T., Gaddis, L. R., Hagerty, J. J., Hare, T. M., Skinner, J. A. Jr. (2018): Planetary Spatial Data Infrastructure foundational data product knowledge inventory. U zborniku: 49th Lunar and Planetary Science Conference, Woodlands, Texas, 2083, id.1426.
- Laura, J.R., Gaddis, L., Hare, T., Hagerty, J. (2017): The Role Of Technology In A Planetary Spatial Data Infrastructure. U zborniku: 3rd Planetary Data Workshop, 1986
- Li, W., Wang, S., Bhatia, V. (2016): PolarHub: A large-scale web crawling engine for OGC service discovery in cyberinfrastructure. Computers, Environment and Urban Systems, vol. 59, str. 195-207. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2016.07.004
- Maguire, D., Longley, P. (2005): The emergence of geoportals and their role in Spatial Data Infrastructures. Computers, Environment and Urban Systems, vol. 29. str. 3-14. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2004.05.012.

- Mapping and Planetary Spatial Infrastructure (MAPSIT) Team. (2019): Mapping and Planetary Spatial Data Infrastructure Roadmap 2019 - 2023, Dostupno online: <https://www.lpi.usra.edu/mapsit/roadmap/MAPSIT-Roadmap-2019-06-19.pdf> (25.03.2022.).
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2019): Planetary Science, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology. Dostupno online: [https://science.jpl.nasa.gov/Planetary Science/index.cfm](https://science.jpl.nasa.gov/Planetary%20Science/index.cfm) (24.03.2022.).
- Nevisti, Z. (2022): Poboljšanje dostupnosti i iskoristivosti prostornih podataka svemirskih istraživanja modeliranjem infrastrukture prostornih podataka nebeskih tijela, Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu-Geodetski fakultet, Zagreb.
- Nevisti, Z., Bačić, I. (2022): Improving the Availability of Space Research Spatial Data, Interdisciplinary Description of Complex Systems, 20 (2), 64-77. <https://hrcak.srce.hr/lanak/400096>
- Rajabifard, A., Williamson, I. P., Holland, P., Johnstone, G. (2000): From Local to Global SDI Initiatives: a pyramid to building blocks, U zborniku: 4th Global Spatial Data Infrastructure Conference, Cape Town, South Africa.
- United States (US) Congress. (2011): Commerce, Justice, Science, and Related Agencies Appropriations for 2011: Hearings Before a Subcommittee of the Committee on Appropriations, House of Representatives, One Hundred Eleventh Congress, Second Session. Dostupno online: [https://www.nasa.gov/pdf/428154main\\_Planetary\\_Science.pdf](https://www.nasa.gov/pdf/428154main_Planetary_Science.pdf) (28.03.2022.).

## **SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE OF SPACE RESEARCH: STATUS AND POSSIBILITIES OF IMPROVEMENT**

**Abstract.** *The cadastre is today limited to the Earth. As today we are witnessing a new momentum of space exploration and ambitious plans for human missions to the Moon and the planets of the solar system, it is only a matter of time before a certain form of cadastre will begin to be applied to space bodies. The intensive observation of celestial bodies through various space missions in the past decade has imposed the need for the data collected by these missions to be systematically stored and made available to users for use. This was done through the archives of space agencies and specialized portals. The data is freely available to everyone, and with the increase in the multidisciplinary of the launched missions, the interest in accessing the data has also increased. However, when accessing, downloading and searching this valuable data set, users often encounter numerous problems. Current storage methods are focused on their long-term archiving with inadequate access and search functionalities that do not meet the needs of a wider group of users. For this reason, the data remains unused. In order to make them efficiently available, on the way to a future "cadastre of space bodies", it is necessary to develop a general model of standardized organization and storage of spatial data of celestial bodies (SDCB) with the aim of their efficient use and exchange. Relying on the concept of spatial (geo-referenced) data infrastructure (SDI), it is necessary to develop the spatial data infrastructure of celestial bodies (SDICB). This paper will provide a detailed overview of the storage and distribution of space research data and their shortcomings, and will show the possibility of establishing an SDICB modeled on terrestrial IPP initiatives that will meet the needs of a wide range of users.*

**Key words:** *space data archives, SDICB, space data.*