

AI u astronomiji

Otkrivanje egzoplaneta i obrada svemirskih podataka

Kosta Čolović

Matematički fakultet

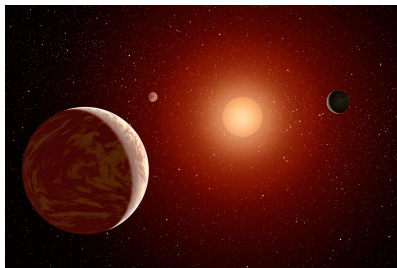
21.01.2026.

MAT Φ

- 1 Uvod
- 2 Tradicionalne metode i njihova ograničenja
- 3 AI metode fotometrijske analize
- 4 AI izvan fotometrije - spektroskopija i snimanje
- 5 Obrada svemirskih podataka pomoću AI-a
- 6 Izazovi, rizici i interpretabilnost
- 7 Budućnost i zaključak

Uvod

- *Big data* era - moderni teleskopi generišu ogromnu količinu podataka
- Primena mašinskog učenja pri obradi kompleksnih astronomskih signala
- Otkrivanje egzoplaneta pomoću tranzitne fotometrije (jako male promene u intenzitetu svetlosti zvezda)



Slika: Umetnički prikaz crvenog patuljka sa 3 egzoplanete.

Tradicionalne metode i njihova ograničenja

Metoda kružne brzine (engl. *Radial velocity method*)

Ova metoda se oslanja na Doplerov efekat (izraz 1) i pokrete zvezde pod gravitacionim uticajem planete, što utiče na talasne dužine.

$$f' = f \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}}, \quad \beta = \frac{v}{c} \quad (1)$$

Ovakvi efekti se mere izuzetno osetljivim spektroskopima.

Tranzitna fotometrija

Praćenje intenziteta svetlosti zvezde prilikom prolaska posmatrane planete između nje i posmatrača. Ovom metodom se mogu odrediti brojne karakteristike planete (sastav atmosfere, prečnik planete...).

Spektroskopija

Naučni metod proučavanja na osnovu obrazaca talasnih dužina, koji pruža informacije o temperaturi, kompoziciji, kretanju...

Problemi sa ovim metodama:

- **Slabi signali** (padovi reda veličine 0.01%) - teško za detekciju
- **Zvezdani šum** (oscilacije, pege, baklje...) - nepravilni obrasci
- **Ogromni skupovi podataka** - milijarde fotometrijskih merenja (previše za manuelnu inspekciju)
- **Potreba za ljudskom proverom** - ručno filtriranje lažno pozitivnih rezultata

AI metode fotometrijske analize

- Studije pokazuju da istrenirani ML modeli (**log. regresija, SVM, Random Forest...**) mogu nadmašiti tradicionalne metode.
- *CNN*-ovi postaju dominantna metoda. Samostalno uče nepredvidive parametre i značajno smanjuju broj lažno pozitivnih rezultata.
- *RNN* i *LSTM* mreže pogodne su za obradu sekvencijalnih podataka. Posebno se istačinju u šumovitim skupovima podataka.
- Sve veća primena nenadgledanog ML-a (skorašnji radovi ističu ulogu **autoenkodera** pri obradi velikih skupova podataka).
- Fotometrijski AI cevovodi demonstrirali su konstantno visoke rezultate pri obradi podataka sa misija TESS i Kepler.

AI izvan fotometrije - spektroskopija i snimanje

Visokokontrastno snimanje (engl. *High-contrast imaging*)

Direktno posmatranje umanjivanjem intenziteta svetlosti zvezde, gde *CNN*-ovi mogu značajno nadmašiti klasične pragove detekcije.

Spektralna unakrsna korelacija (engl. *Spectral cross-correlation*)

Tehnike za detekciju molekula u atmosferi. U radu iz 2024. predložena je hibridna metoda (mape u.k. \rightarrow DL modeli). Takođe, 2024. je predstavljen tzv. *MLCCS framework* (ML direktno na podacima).

Uklanjanje zvezdane aktivnosti iz signala kružne brzine

ML modeli uče kompleksne odnose između indikatora zv. aktivnosti i varijacija kr. brzine (tako se ovi efekti modeluju i uklanjaju).

Hibridni cevovodi

Kombinacija fizičkih i ML metoda.

Obrada svemirskih podataka pomoću AI-a

- **Redukcija šuma** - *denoising* autoenkoderi
- **Izoštavanje svetlosnih krivih** - autoenkoderi, CNN-ovi
- **Detekcija teleskopskih anomalija** - ML algoritmi za detekciju obrazaca
- **Klasifikacija svemirskih objekata** - CNN za klasifikaciju morfologije galaksija i procenu zvezdanih parametara
- **Kompresija i filtriranje podataka u letelicama** - neuronske mreže filtriraju podatke (letelice šalju nazad samo naučno značajne opservacije)
- **Primena AI-a u teleskopima (JWST, Gaia, Euclid)** - sve zastupljenije

- **AI modeli su crne kutije** - ograničen uvid u mehanizme odlučivanja (a samim tim i ograničena provera rezultata)
- **Nepodudaranje sintetičkih i realnih podataka** - realni podaci sadrže nemodelovane parametre
- **Disbalans među klasama (malo planeta, mnogo zvezda)** - modeli su pristrasni prema većinskoj klasi (visoka opšta tačnost), dok propuštaju retke, ali značajne signale
- **Alati za interpretaciju** - tehnike poput *Grad-CAM*-a i *feature attribution* metoda služe kao most između modela i fizičkog razumevanja
- **Reproduktivnost** - razlike u treniranju modela, procesiranju podataka i sl. mogu dovesti do nedoslednih rezultata u studijama

Budućnost i zaključak

- AI će imati **sve značajniju ulogu** u transformisanju trenutnih metoda kako kompleksnost i veličina skupova podataka raste
- **Temeljni (engl. *foundational*) modeli** - veliki, unapred trenirani i nespecijalizovani modeli → generalizacija na više domena
- Integracija AI-a sa **višekanalnom (engl. *multimessenger*) astronomijom** → holističko razumevanje univerzuma
- **Objašnjiva veštačka inteligencija (XAI)** → održavanje kompleksnih modela interpretabilnim i poboljšanje tehnika za validaciju
- **Autonomne letelice opremljene AI sistemima** → smanjeno oslanjanje na kontrolu sa zemlje

Hvala na pažnji!