

# Domača naloga 1

Astronomija 1

Simon Bukovšek

18. oktober 2022

1. V tem delu obdelujemo podatke s satelita Gaia razsute zvezdne kopice M67. Po podatkih baze astronomskih podatkov Simbad se kopica nahaja na koordinatah  $\delta = +11^{\circ}48'50''$  in  $\lambda = 8\text{h } 51\text{min } 23\text{s}$ . Njen premer je  $25''$ . Podatki so bili pridobljeni s pomočjo ADQL ukaza

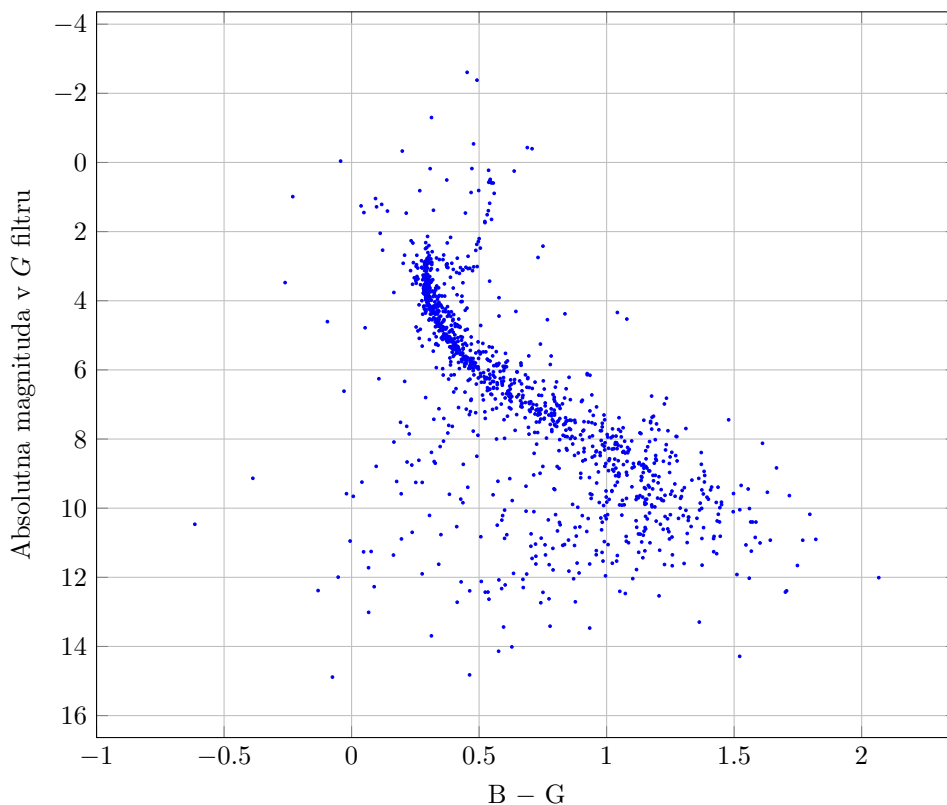
```
SELECT phot_g_mean_mag, phot_bp_mean_mag, phot_rp_mean_mag, parallax
FROM gaiadr3.gaia_source
WHERE CONTAINS(POINT('ICRS', ra, dec), CIRCLE('ICRS', 132.8458, 11.8139, 0.20833)) = 1
AND phot_g_mean_mag IS NOT NULL
AND phot_bp_mean_mag IS NOT NULL
AND phot_rp_mean_mag IS NOT NULL
AND parallax > 0;
```

S tem je bil pridobljen seznam magnitud v  $B$ ,  $V$  in  $R$  filtru ter paralakse za vse zvezde na območju kopice, ki imajo te štiri podatke v bazi. Paralaksa je potrebna za določitev absolutne magnitude v  $G$  filtru. Na spodnjem grafu je prikazan HR diagram za iskane zvezde. Absolutna magnituda se izračuna po obrazcu

$$M = m + 5(\log(p) - 2),$$

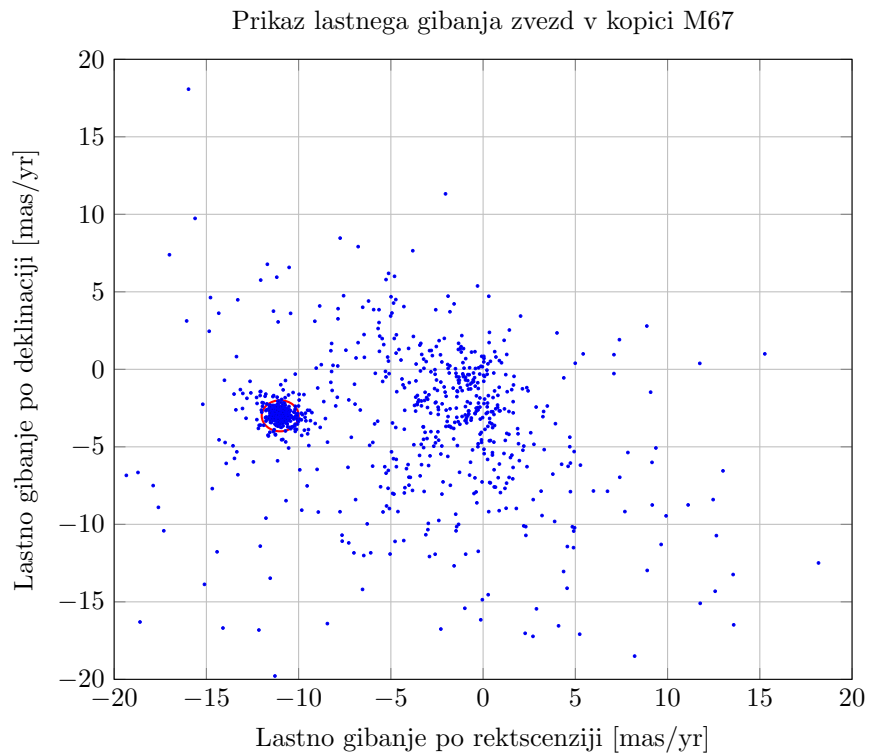
kjer je  $m$  navidezna magnituda in  $p$  paralaksa v mili ločnih sekundah [mas].

HR–diagram za kopico M67



Na diagramu se zelo lepo vidi glavna veja, ki pa se nekam nenavadno razpršeno zaključuje. To so malo svetle zvezde vseh vrst barv, ki se nahajajo na mestu med spodnim delom glavne veje in območjem belih pritlikavk. Prav tako ni opaziti nobene rdeče orjakinje.

2. Sedaj bi radi izločili zvezde, ki imajo lastno gibanje močno drugačno od povprečja. Take zvezde verjetno niso v kopici. Večina zvezd je znotraj kroga s središčem v  $(-11, -3)$  in polmerom 1, kot



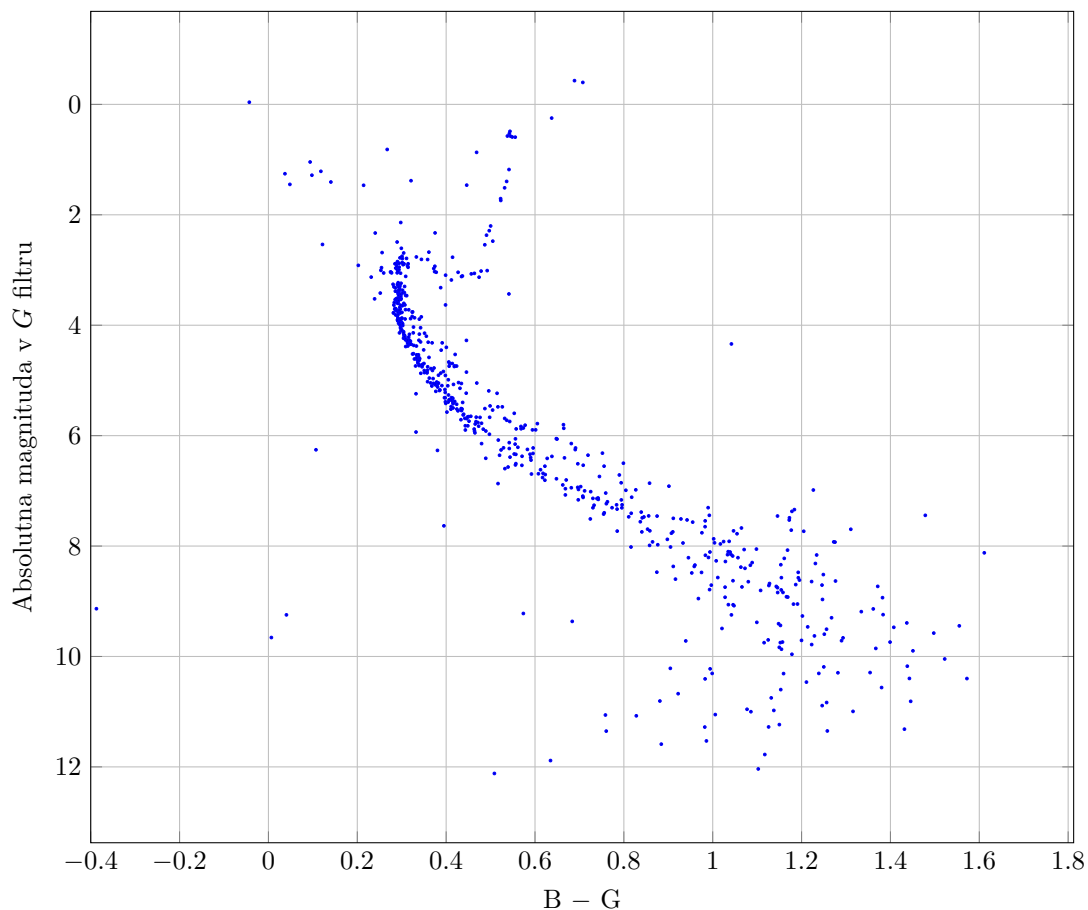
je prikazano na zgornjem grafu. Ker je kopica gravitacijsko vezana se zvezde znotraj nje gibljejo z relativno nizko hitrostjo, torej je njihovo lastno gibanje zelo podobno lastnemu gibanju središča.

3. Z naslednjo poizvedbo smo izločili vse vire, ki so na diagramu lastnega gibanja od točke  $(-4, -4)$  oddaljeni za več kot 10. Funkcija `CIRCLE()\verb` ni hotela delovati za negativne številke, zato smo problem rešili s Pitagorovim izrekom:

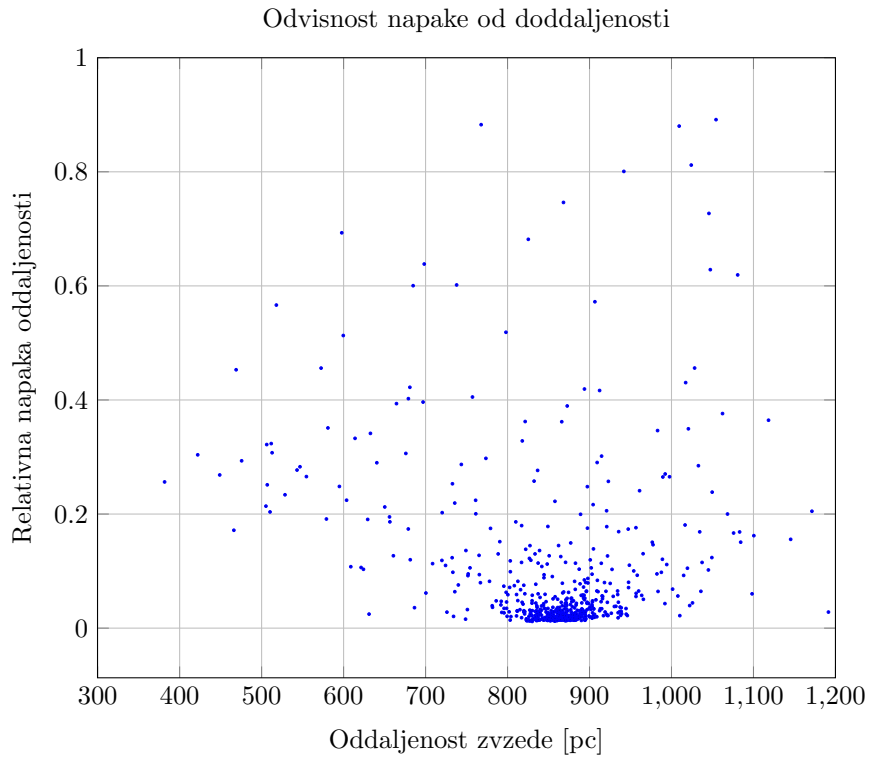
```
SELECT phot_g_mean_mag, phot_bp_mean_mag, phot_rp_mean_mag, parallax
FROM gaiadr3.gaia_source
WHERE CONTAINS(POINT('ICRS', ra, dec), CIRCLE('ICRS', 132.8458, 11.8139, 0.20833)) = 1
AND (pmra + 3)*(pmra + 3) + (pmdec + 11)*(pmdec + 11) < 1
AND phot_g_mean_mag IS NOT NULL
AND phot_bp_mean_mag IS NOT NULL
AND phot_rp_mean_mag IS NOT NULL
AND parallax > 0;
```

Iz 1353 elementov smo seznam skrajšali na 672 elementov. Nov HR-diagram je na spodnjem prikazu. Graf se na pram prejšnjemu ni pretrano spremenil, le določene oddaljene točke so bile izključene.

HR–diagram za kopico M67



4. Narišimo sedaj, kako je relativna napaka oddaljenosti odvisna od oddaljenosti. Spodnji graf je omejen na prikazano območje, vendar je nekaj točk, ki ležijo daleč izven prikazanega območja. Največja oddaljenost je 5000 pc, največja relativna napaka pa 14.



Nekateri podatki imajo izredno velike napake. Recimo da zaupamo podatkom, ki imajo napako manjšo od 0.1.

5. Izračunajmo sedaj središče kopice. Vzeli bomo samo podatke, ki imajo relativno napako oddaljenosti manj od 10%. Iskalni niz je torkat podaljšan za vrstico:

```
AND abs(1 / (parallax_over_error - 1)) < 0.1
```

in rezultat je dolg samo še 484 zadetkov. Če vzamemo povprečje takih razdalj, dobimo oddaljenost  $d_1 = 868.2$  pc. Lahko pa izračunamo tudi koordinate posameznih zvezd in iz njih izračunamo središče kopice. Koordinate se računa v geocentričnem koordinatnem sistemu:

$$x = d \cos(\alpha) \cos(\delta),$$

$$y = d \sin(\alpha) \cos(\delta),$$

$$z = d \sin(\delta),$$

kjer so  $d$  oddaljenost zvezde,  $\alpha$  rektascenzija in  $\delta$  deklinacija. Središče kopice je prišlo na točko  $\vec{r} = (x, y, z) = (393.03, 492.43, -590.40)$  pc. To pomeni, da je središče kopice oddaljeno  $d_2 = 863.44$  pc. Ta rezultat je nekoliko manjši od prej določenega. Če pogledamo na bazo podatkov Simbad, ugotovimo, da je kopica zares oddaljena  $d_0 = 883$  pc, kar je več, kot obe naši meritvi, vendar je napaka manjša od 2.5%. Razlog je verjetno v tem, da kljub vsem našim filtrom nismo uspeli izločiti vseh zvezd, ki niso del kopice, zato so predvsem zvezde, ki se nahajajo pred kopico, nekoliko zmanjšale meritev.

6. Izračunajmo še masno središče kopice. Upoštevamo razmerje med maso in izsevom:  $L \propto M^{7/2}$ . Tako je masa  $M$  povezana z navidezno magnitudo  $m$  in paralakso  $p$  na sledeč način:

$$M \propto L^{2/7} \propto 10^{2/7 \cdot [-2/5 \cdot (m+5 \log p - 10)]} \propto p^{-4/7} 10^{-4m/35}.$$

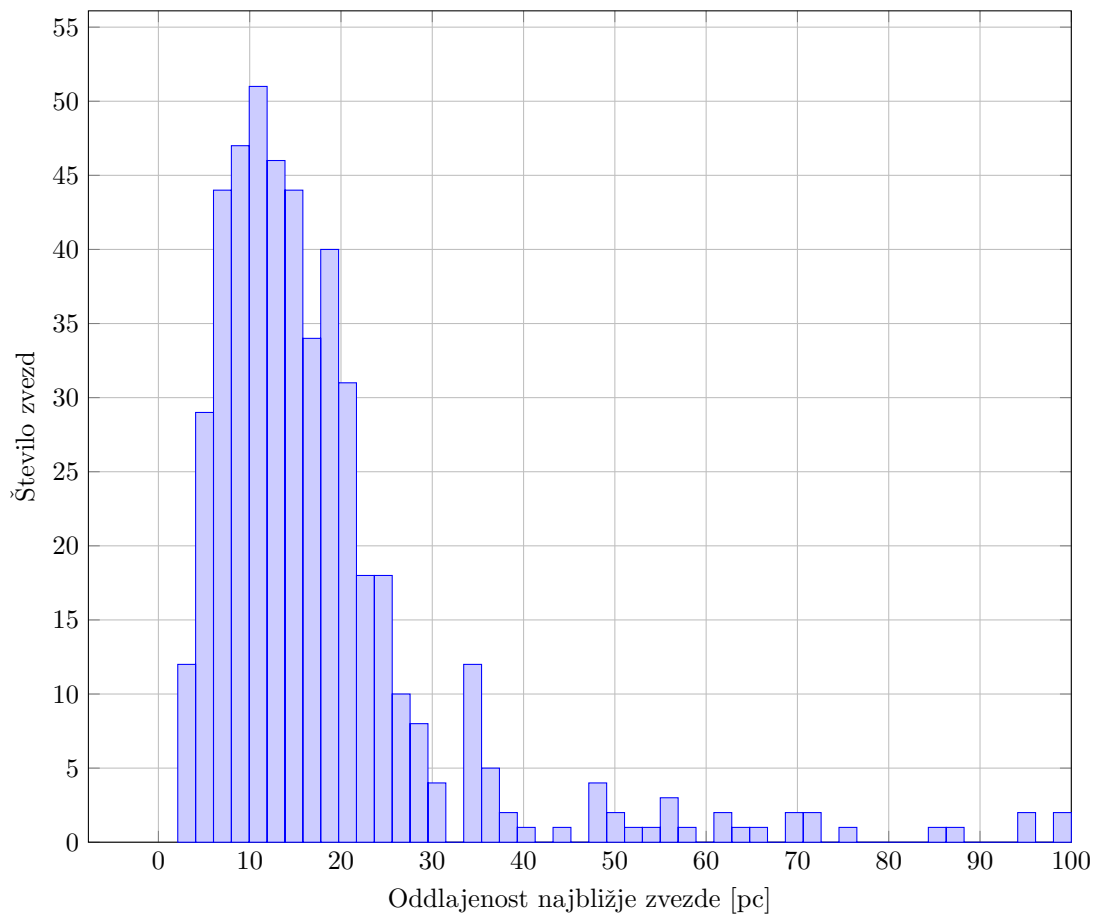
Iskalni niz je

```
SELECT ra, dec, parallax, phot_g_mean_mag
FROM gaiadr3.gaia_source
WHERE CONTAINS(POINT('ICRS', ra, dec), CIRCLE('ICRS', 132.8458, 11.8139, 0.20833)) = 1
AND (pmra + 11)*(pmra + 11) + (pmdec + 3)*(pmdec + 3) < 1
AND abs(1 / (parallax_over_error - 1)) < 0.1
AND phot_g_mean_mag IS NOT NULL
AND phot_bp_mean_mag IS NOT NULL
AND phot_rp_mean_mag IS NOT NULL
AND parallax > 0;
```

ki nam da vse potrebne podatke. Masno središče se po novem izračunu z uteženim povprečjem nahaja na točki  $\vec{r} = (x, y, z) = (392.32, 494.61, -590.10)$  pc. To pomeni, da je težišče kopice oddaljeno  $d_2 = 864.15$  pc, kar je malo dlje kot prej izračunano središče. Ker sta rezultata praktično enaka, lahko sklepamo, da je masa zvezd precej enakomerno porzadeljena po kopici.

7. Za konec izračunajmo še kako je poazdeljena oddaljenost najbližje zvezde za vsako zvezdo. Porazdelitev oddaljenosti najbližjih zvezd prikazuje histogram spodaj:

Porazdelitev oddaljenosti najbližjih zvezd v kopici M67



Vrednosti večje od 100 pc so bile izpuščene, da se bolje vidi del okoli 10 pc. Največja oddaljenost je bila okoli 200 pc, vendar ta zvezda zagotovo ni del kopice. Porazdelitev spominja na Poissonovo z vrhom pri 12 pc.