

PROJEKTNA NALOGA

ASTRONOMIJA

Magnituda Rimske ceste

Avtorji:

Matic Ocepek

Jernej Cucek

Goran Bezjak

Bernard Pavlovič

Nikola Milijevski

Mentor: prof. dr. Andrej Čadež

Fakulteta za matematiko in fiziko, 2010

KAZALO

UVOD	3
KAKO DO FOTOGRAFIJ IN KAJ Z NJIMI	4
IZPELJAVA ENAČBE	5
IZRAČUNI IN REZULTATI	9
NAPAKE	15
ZAKLJUČEK	17
VIRI	18

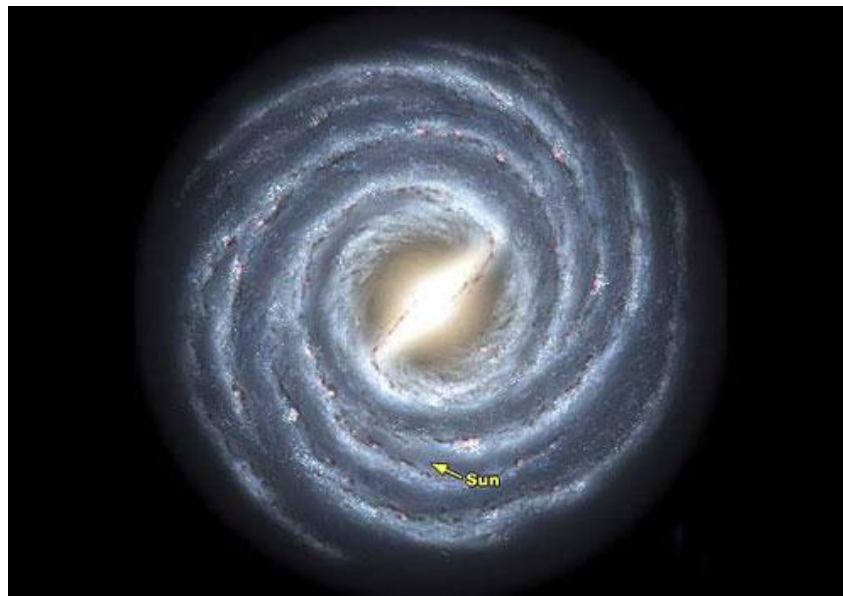
UVOD

Rimska ali Mlečna cesta je megličast pas bele svetlobe sestavljen iz okoli 200 milijard zvezd, ki je ob jasnih nočeh viden na nočnem nebu in se vije po celotni nebesni sferi. Sestavljajo jo zvezde, zvezdni prah in plini v galaktični ravnini, ki je glede na nebesni ekvator nagnjena okoli 63 stopinj [1]. Površinska svetlost Rimske ceste je razmeroma majhna, zato jo je iz svetlobno onesnaženega mestnega ali predmestnega okolja težko videti. Njen najsvetlejši del je viden poleti, v smeri ozvezdja Strelca, v kateri se nahaja tudi osrednja zgoščitev in središče galaksije. To dejstvo pa ne vpliva na svetlost, kajti okoli tega območja se nahaja velika količina medzvezdnega prahu, ki ne prepušča vidnega dela svetlobnega spektra.

Radijska astronomska opazovanja porazdelitve vodikovih oblakov so pokazala, da je Rimska cesta spiralna galaksija Hubblovega tipa SBb/c, kar pomeni, da ima spiralno strukturo s prečko in izrazit centralni del. Velikost premera njenega galaktičnega diska so astronomi določili na okoli 90.000 svetlobnih let. V centru Rimske ceste je črna luknja, okoli katere se vrtijo zvezde in zvezdni sistemi. Masa Rimske ceste je ocenjena na 10^{12} mas Sonca. Pripada Lokalni jati galaksij, ki jo sestavljajo tri večje in 30 manjših galaksij in je druga po velikosti za Andromedo.

Spiralni roki naše Galaksije sestavljajo medzvezdna snov, meglice, mlade zvezde in odprte gruče, ki nastajajo iz medzvezdne snovi. V galaktičnem jedru se nahaja točka simetrije celotnega sistema. V njem je črna luknja, z našega dela galaksije pa je to smer proti Strelcu.

Sončni sistem je na robju galaktičnega diska okoli 28000 sv. let oddaljen od črne luknje (podatek je leta 1997 potrdila misija Hipparcos), okoli 20 sv. let nad galaktično ravnino. Okoli galaktičnega centra potuje s hitrostjo 220 km/s in zaokroži v 225 milijonih let. Nahaja se v bližini spiralnega kraka imenovanega lokalni ali Orionov krak.



Slika 1: Na sliki je prikazana naša predstava Rimske ceste . S puščico je označeno središče našega Osončja [2].

Zaradi velikosti Rimske ceste, ki je vidna po celem nebu, jo je treba fotografirati s širokokotnimi objektivami in slike sestaviti.



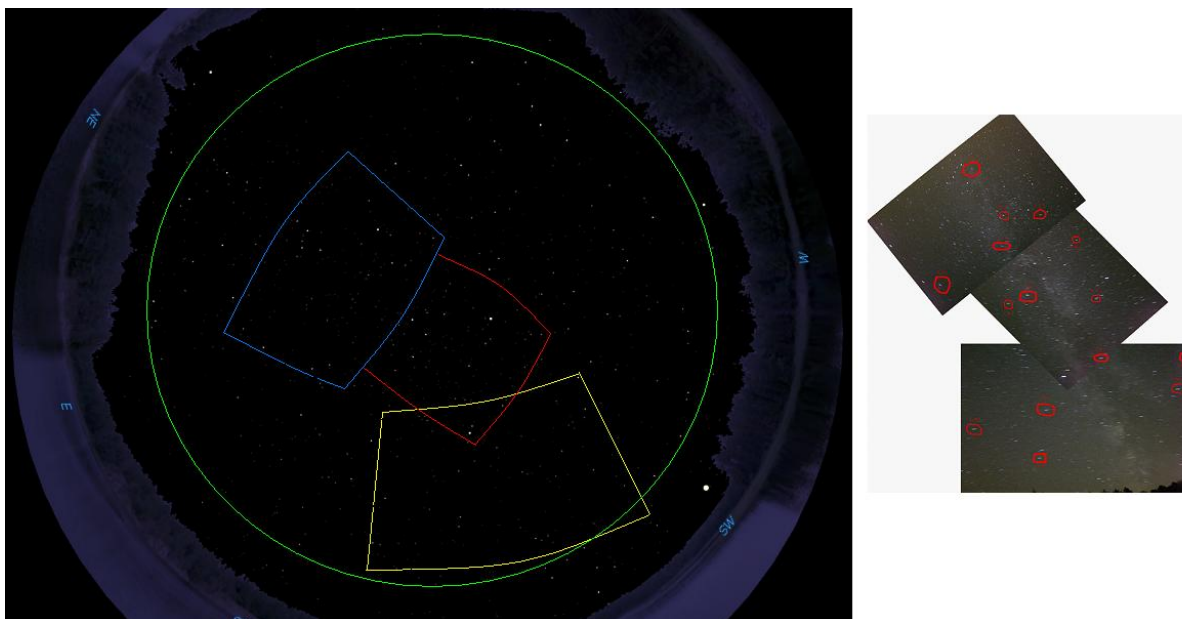
Slika 2: »360° x 45°« Slika prikazuje Axel Millerjevo All sky panoramo naše Galaksije [3].

KAKO DO FOTOGRAFIJ IN KAJ Z NJIMI

Preden smo se odpravili fotografirati, smo s pomočjo prof. Čadeža zasnovali teorijo tako, da izračuni niso bili odvisni od časa osvetljenosti fotografije, ampak le od razmerja osvetljenosti območja Rimske ceste, znanih zvezd in ozadja. Ker smo želeli povečati vidnost Rimske ceste, da bi se pri sestavljanju fotografij v enotno fotografijo lažje orientirali, smo čas osvetlitve nastavili na 4 minute. Ker se v tem času nebo zavrti približno za 1 stopinjo in nismo imeli stativa s sledenjem, smo na fotografijah dobili razmazane zvezde, a nas to ni oviralo pri izračunih, ker smo signal prebrali na vseh točkah razmazane zvezde. Za fotografiranje Rimske ceste smo morali izbrati noč, ko Luna dovolj zgodaj zaide in je nebo jasno. S tem smo zmanjšali moteče dejavnike atmosfere, kot so sipanje svetlobe, seeing, itd... Dan z ustreznimi pogoji je bil 19. julij 2007. Odpravili smo se na vrh Krma (45°55'46" N, 14°28'12" E) na višino 1107 metrov. Sprva smo s pomočjo pripomočkov iz narave sestavili improviziran stativ za naš Canon EOS 300D z objektivom EF-S18-55mm f / 3.5 - 5.6. Ta fotoaparatus omogoča fotografiranje z BULB funkcijo in sprožitev z daljincem. Posneli smo nekaj poskusnih fotografij, da smo izostrili občutek za čas osvetlitve in občutljivost (ISO). Po nekaj vaje smo posneli tri zaporedne fotografije, katere smo uporabili pri izračunu svetlosti vidnega dela Rimske ceste. Te zajemajo nebo od drevesnih krošenj preko zenita nazaj do obzorja. Izpustili smo le del nad Ljubljano, na katerem je bila zaradi nočne razsvetljave svetlobna onesnaženost preveč moteča in je bila fotografija za naše potrebe neuporabna.

Osvetlitev vsake posamezne fotografije je znašala 240 sekund, odprtje leč F/5.6, ISO vrednost pa je bila nastavljena na največjo, to je ISO1600. Prva slika je bila zajeta 19. julija 2007 ob 1:23:50, druga ob 1:29:32 in tretja ob 1:37:48. Dolg čas osvetlitve je omogočil zajem dovolj osvetljenih fotografij, da se pas Rimske ceste lepo vidi na temnem ozadju. Na treh slikah skupaj je zajet večji del neba po katerem poteka Rimska cesta.

Obdelava fotografij je bila narejena s programom Adobe Photoshop CS. S pomočjo tega programskega paketa smo tri fotografije združili v eno skupno (slika 8). Nastala je dobra slika celotnega neba, a se ponekod vidi, da se fotografije sicer lepo ujamejo v posameznih točkah, težave pa povzročata sferična aberacija leče fotografskega aparata. To pa pomeni da so deli slike bolj oddaljeni od središča leče, se pravi ob robovih, po kotu bolj odmaknjeni od središča kot v resnici. To se precej dobro vidi pri združenih slikah, ker tudi posamezne fotografije nimajo enakih proporcev. Ker pa nas razdalje in razmerja pri tej projektni nalogi ne bodo zanimala, se na to nismo preveč ozirali. Fotografije smo po združitvi poimenovali kot »spodnja«, kjer so vidne še drevesne krošnje, nato »srednja«, ki zajema območje zenita in »zgornja«, ki prikazuje območje proti tlem od zenita. Najprej je bila posneta »spodnja«, potem »srednja« in nazadnje še »zgornja« fotografija.



Slika 3: Primerjava slike neba (leva, [4]) in naših fotografij (desno). Notranjost zelenega kroga na sliki predstavlja del neba, ki je bil viden iz naše lokacije, notranjost rumenega, rdečega in modrega lika je površina, ki smo jo zajeli z našimi fotografijami.

IZPELJAVA ENAČBE

Svetlobni tok, ki pade na en piksel, je v nekem sorazmerju z vrednostmi R, G, B ,

$$j = C \cdot (R + G + B), \quad (1)$$

kjer je C neka konstanta za fotoaparata, ki je ne poznamo in je tudi ne potrebujemo, saj nas zanima samo razmerje dveh svetlobnih tokov, kjer se konstanta okrajša.

Za poljubno zvezdo Z , ki je na sliki zaradi dolge osvetlitve razmazana čez n_z pikselov in katere magnitudo m_z poznamo, gre izpeljava enačbe takole:

$$S_z = n_z \cdot (R + G + B)_z \quad (2.0)$$

$$n_z \cdot (R + G + B)_z = \Delta E \cdot K \quad (2.1)$$

$$S_z = 10^{-0.4 \cdot m_z} \cdot (F_0 \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot \Delta t \cdot K) \quad (2.2)$$

$$S_z = 10^{-0.4 \cdot m_z} \cdot A \quad (2.3)$$

$$\log\left(\frac{S_z}{A}\right) = -0.4 \cdot m_z \quad (2.4)$$

$$\log(S_z) - \log(A) = -0.4 \cdot m_z \quad (2.5)$$

kjer je S_z , svetlost določene zvezde, A pa konstanta, ki se med posnetki ne spreminja.

Ker so $K, A, \log(A)$ in -0.4 le konstante, velja odvisnost $\rightarrow \log(S_z) \propto m_z$

Preden nadaljujemo z izpeljavo se moramo zavedati, da zvezde svetijo v različnih barvah, zato seštevanje R,G,B vrednosti nima smisla, če v zgornji odvisnosti (2.5) ne uporabimo m_z , ki je bila merjena za isti svetlobni spekter, kot ga pokriva CCD tipalo v fotoaparatu. Ta odvisnost bo naše vodilo pri izpeljavi.

Veljati bi moralo razmerje:

$$\frac{\Delta E_g^{ObmočjeGalaksije}}{\Delta E_z^{ZnanaZvezda}} = \frac{n_g \cdot \frac{(R+G+B)_g}{K}}{\frac{n_z \cdot (R+G+B)_z}{K}} = \frac{n_g \cdot (R+G+B)_g}{n_z \cdot (R+G+B)_z} \quad (3)$$

Na levi strani so vrednosti teoretičnih izračunov, ki jih moramo še poiskati, a na desni strani so merjeni podatki.

Magnituda prej izbranega območja Rimske ceste se skriva v $\Delta E_g^{ObmočjeGalaksije}$. Z izpeljavo enačbe to pokažemo:

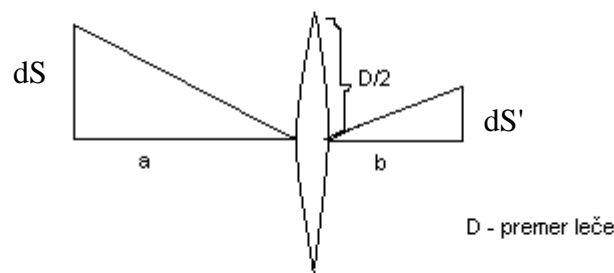
Energija CCD senzorja v fotoaparatu je

$$dE_g^{ObmočjeGalaksije} = dP \cdot \Delta t, \quad (4)$$

kjer je

$$dP = I \cdot dS \cdot d\Omega \quad (5)$$

moč, ki pade iz dela Rimske ceste s površino dS na površino dS' . Simbol I pomeni sevalnost in $d\Omega$ prostorski kot. Bolj nazorno to geometrijo pokaže slika 4:



Slika 4: Skica objektiva in poti žarkov

Uporabimo enačbo leče, kjer a postavimo na neskončno in $\frac{1}{a}$ na nič. To lahko naredimo, ker so zvezde v primerjavi z razdaljo b od leče do CCD zelo daleč.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \xrightarrow{a \rightarrow \infty} f = b \quad (6)$$

Velja razmerje površin

$$dS = \left(\frac{a}{b}\right)^2 dS' \quad (7)$$

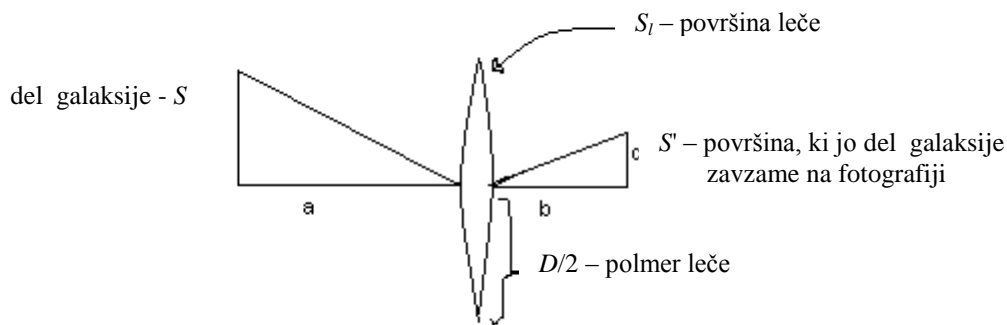
in definicija prostorskega kota

$$d\Omega = \frac{S}{a^2} = \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}{a^2} = \frac{\pi D^2}{4a^2}. \quad (8)$$

Vzemimo sedaj košček Rimske ceste S in ga razglasimo za zvezdo z neko površino (R je radij zvezde) in magnitudo m . Naj ta »zvezda« na fotografiji zavzame površino S' (slika 5). Če predpostavimo, da zvezda sveti izotropno, lahko zapišemo

$$dP = \int IdS d\Omega \cos \Omega = \pi IdS = \frac{LD^2}{16a^2}, \quad (9)$$

kjer je L izsev.



Slika 5: Prikaz padanja svetlobe iz dela galaksije skozi lečo na del fotografije.

Sedaj naredimo še končen izračun do energije znane zvezde. Za znano zvezdo uporabimo sledeči zvezi za fluks F

$$F = F_0 \cdot 10^{-0,4m_z} \text{ in} \quad (10)$$

$$F = \frac{L}{4\pi a^2}. \quad (11)$$

Zveze (9-11) za znano zvezdo vstavimo v enačbo (4) in dobimo

$$\frac{\Delta E^{\text{ZnanaZvezda}}}{\Delta t} = \frac{10^{-0,4m_z} F_0 \pi D^2}{4}. \quad (12)$$

Po analogiji zapišimo še zvezo za Rimsko cesto:

$$\frac{\Delta E_{\text{ObmočjeMojkksije}}}{\Delta t} = \frac{10^{-0.4m_{rc}} F_0 \pi D^2}{4} \quad (13)$$

Zgoraj dobljeni enačbi (12) in (13) vstavimo v enačbo (3) in tako dobimo

$$\frac{\Delta E_g^{\text{ObmočjeGalaksije}}}{\Delta E_z^{\text{ZnanaZvezda}}} = \frac{n_g \cdot (R + G + B)_g}{n_z \cdot (R + G + B)_z}, \quad (14)$$

$$\frac{\frac{10^{-0.4 \cdot m_{rc}} \cdot F_0 \cdot \pi D^2}{4}}{\frac{10^{-0.4 \cdot m_z} \cdot F_0 \cdot \pi D^2}{4}} = \frac{n_g \cdot (R + G + B)_g}{n_z \cdot (R + G + B)_z} \quad (15)$$

in izpostavimo magnitudo Rimske ceste

$$\Rightarrow \boxed{m_{rc} = -2,5 \cdot \log \left(\frac{n_g \cdot (R + G + B)_g}{n_z \cdot (R + G + B)_z} \right) + m_z}. \quad (16)$$

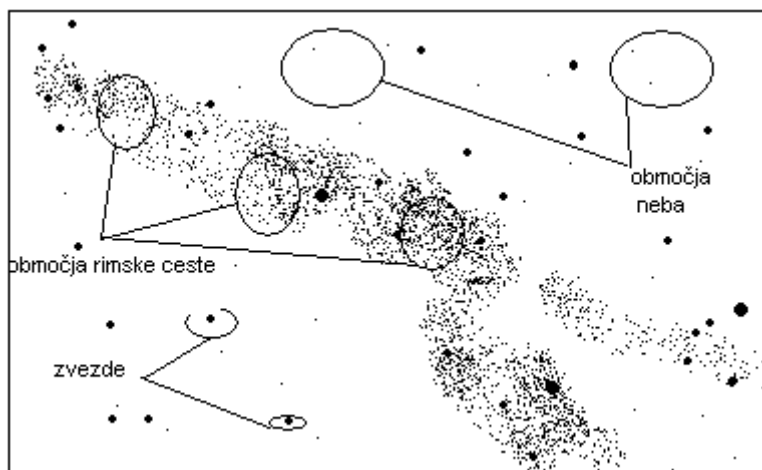
Sedaj imamo končno enačbo, kjer je m_{rc} magnituda Rimske ceste in m_z magnituda neke znane zvezde. Vanjo vstavljamo merjene povprečne R , G , B vrednosti in število pikslov ki jih zavzame Rimska cesta, ter znano ustrezno magnitudo izbranih zvezd.

Komentar:

V našem primeru bomo vse skupaj obravnavali le v zeleni barvi (to je G), ki še najbolj ustreza V(visual) filtru, in tako lahko uporabili V magnitudo m_z . Seveda bo tudi naš rezultat m_{rc} podan v V filtru. V enačbi (18) zato upoštevamo, da je $R=0$ in $B=0$.

IZRAČUNI IN REZULTATI

Za določitev svetlosti Rimske ceste smo uporabili primerjalno metodo. Na fotografiji smo definirali tri vrste objektov in sicer: ozadje, zvezde in Rimsko cesto

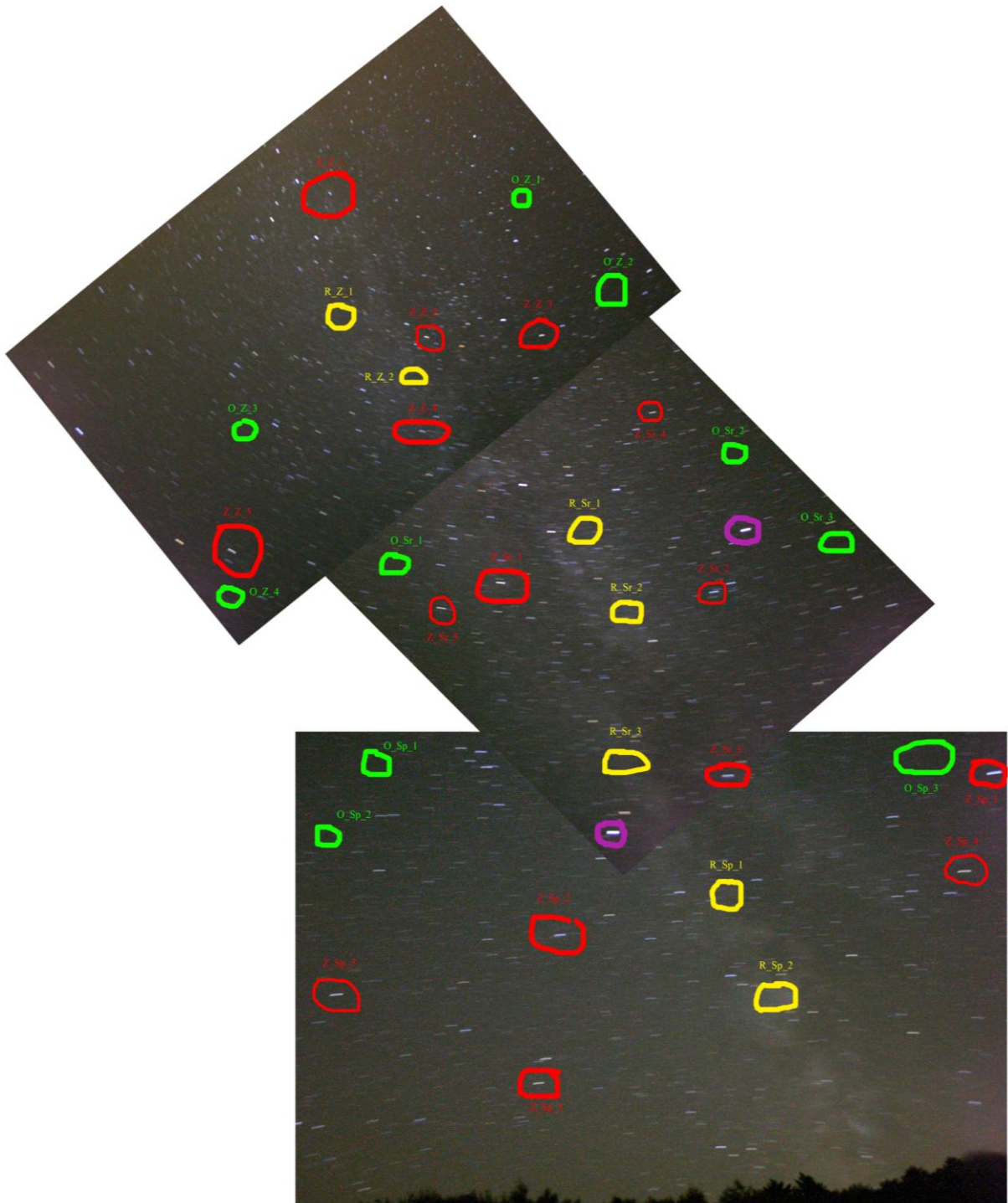


Slika 6: Skica neba z Rimsko cesto.

Določili smo dele fotografije, ki so dovolj temni in brez zvezd, da jih lahko proglasimo za ozadje. Na njih smo iz pikselov odčitali povprečne vrednosti G in jih označili z G_o . Na zgornji fotografiji so takšna območja štiri, na srednji in na spodnji pa tri.

Potem smo si izbrali zvezde, ki so bile toliko svetle, da jih lahko najdemo v zvezdnih kartah, a na naši fotografiji niso bile presvetljene, kar pomeni, da svetloba zvezd ni zasitila sensorja CCD na delu kjer je zvezda. Ta zasičenost se vidi po izraziti beli barvi zvezde. Za zvezdo smo določili del fotografije, ki je bil veliko svetlejši od ozadja. Izbrane zvezde z dano amplitudo za zgornjo fotografijo so navedene v tabeli 1, za srednjo fotografijo v tabeli 3 in za spodnjo fotografijo v tabeli 5. Za določeno zvezdo smo prešteli, čez koliko pikselov n_z je razmazana in odčitali povprečno vrednost G in jo označili z G_{zo} . S pomočjo programa Starry Night Pro Plus 6 smo poiskali njeno znano V magnitudo m_z . Nezasičenih izbranih zvezd je na spodnji fotografiji 6, ena od teh je skupna s srednjo fotografijo, na srednji fotografiji 8 od tega ena skupna s spodnjo in 3 skupne z zgornjo. Na zgornji fotografiji smo izbrali 5 zvezd, od tega 3 skupne s srednjo fotografijo. Pomen skupno izbranih zvezd na dveh posamičnih fotografijah je primerjati svetlost iste zvezde na dveh različnih fotografijah. S tem dobimo prvo grobo informacijo o velikosti slučajnih napak nastalih zaradi različnih vplivov na potek fotografiranja. To nam kasneje pomaga pri bolj točnem izračunu svetlosti Rimske ceste.

Na koncu smo si na fotografiji izbrali še nekaj oddaljenih področij Rimske ceste. Za vsako območje smo določili povprečno zasičenost območja za barvo G in jo označili z G_{go} . Za mejo območja smo določili odstopanje vrednosti G za več kot 25%. Taka področja so na spodnji fotografiji 3, od tega je eno skupno s srednjo fotografijo, na srednji fotografiji 5 od tega eno skupno s spodnjo fotografijo in 2 skupni z zgornjo. Na zgornji fotografiji smo si izbrali 2 območji skupni s srednjo fotografijo. Tako smo dobili 10 območij za določitev ozadja, 15 območij za določitev svetlosti zvezd in 7 območij na fotografiji za Rimsko cesto.



Slika 7: Naš posnetek Rimske ceste iz katerega smo zajemali podatke za G . V okolici središča vsakega rdečega oblačka je izbrana zvezda, v okolici središč zelenih oblačkov so območja ozadja in v okolici središč rumenih oblačkov so območja delov Rimske ceste.

Od vrednosti G_{zo} za posamezno zvezdo na fotografiji odštejemo povprečne vrednosti G_o od izbranih ozadij na isti fotografiji po formuli

$$G_{zo} - G_o = G_z \quad (17)$$

za zvezdo z .

Podobno naredimo za posamezno območje Rimske ceste po formuli

$$G_{go} - G_o = G_g \quad (18)$$

za območje g .

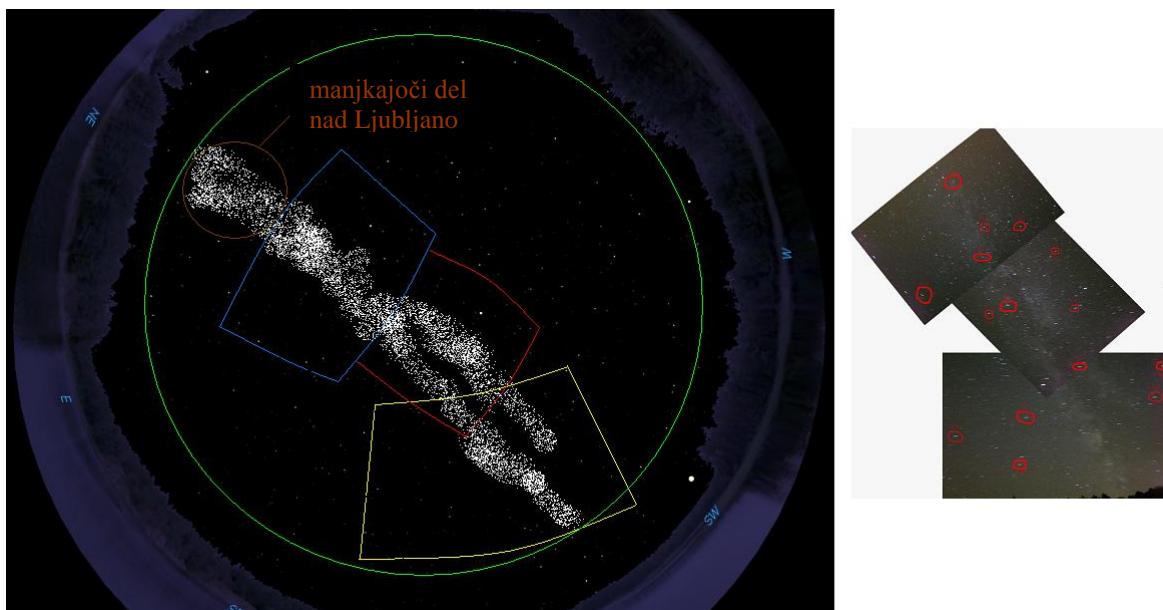
Dobili smo naslednje podatke, kjer vrednosti G predstavljajo zasičenost za določen spekter barv na skali od 0 do 255:

Zvezde – G_z, n_z, m_z

Rimska cesta – G_g

Vrednosti, ki imajo odštete vrednosti ozadja so prave vrednosti svetlosti posameznega objekta oz. območja. S temi sedaj lahko zares računamo, toda za uporabo enačbe potrebujemo še n_g tj. oceno števila pikslov, ki jih na fotografiji prekriva Rimska cesta.

6291456 je število pikslov ene fotografije. Mi smo posneli tri, ki se delno prekrivajo. Ker ni bilo mogoče fotografirati celotne Rimske ceste, smo s pomočjo virov določili, da nam manjka približno 15% slikanega dela Rimske ceste, ki je nad obzorjem. Polovica Rimske ceste, ki je pod obzorjem, nas ne zanima.



Slika 8: Prikaz neba iz virov [4] s skico Rimske ceste (levo) in primerjava z našimi fotografijami (desno).

Z ocenami smo dobili vrednost $n_g = 4800000$.

V izračunih nismo nikjer izrecno upoštevali absorpcijo svetlobe zaradi plasti atmosfere, a po premisleku ugotovimo, da je učinek absorpcije skrit oziroma izničen že v enačbah. Ker podatke odčitamo iz približno enake višine na nebu, se konstante za absorpcijo med seboj delijo.

Oglejmo si izračune za vsako fotografijo posebej, ki so prikazani v spodnjih tabelah.

Zgornja fotografija

lokacija na sliki	G_z	n_z zvezda	znana magnituda m_z
Z_Z_1	92	180 Kappa Cassiopeiae	4,15
Z_Z_2	114	225 Zeta Cephei	3,37
Z_Z_3	137	147 Eta Cephei	3,4
Z_Z_4	81	208 Pi2 Cygni	4,21
Z_Z_5	104	324 Matar	2,9
povprečna G_o vrednost ozadja	50		
območje ceste	G_g		
R_Z_1	18		
R_Z_2	16		

Tabela 1

računane m_{rc} iz zvezd za različna območja	R_Z_1	R_Z_2
Z_Z_1	-5,1	-5,0
Z_Z_2	-5,5	-5,3
Z_Z_3	-5,7	-5,6
Z_Z_4	-5,1	-4,9
Z_Z_5	-5,6	-5,5
povprečno od vseh zvezd	→ -5,4	-5,3

Tabela 2

Srednja fotografija

lokacija na fotografiji	G_z	n_z zvezda	znana magnituda m_z
Z_Sr_1	166	252 Ggenah	2,46
Z_Sr_2	118	266 Sulafat	3,25
Z_Sr_3	104	352 Deneb el Okab	2,96
Z_Sr_4	117	140 Kappa Cygni	3,78
Z_Sr_5	123	216 Zeta Cygni	3,18
Z_Z_4 - na zgornji fotografiji	90	204 Pi2 Cygni	4,21
Z_Z_2 - na zgornji fotografiji	148	135 Zeta Cephei	3,37
Z_Z_3 - na zgornji fotografiji	145	144 Eta Cephei	3,4
povprečne G_o vrednost ozadja	49		
območje ceste	G_g		
R_Sr_1	20		
R_Sr_2	24		
R_Sr_3	12		
R_Z_2_s_srednje_fotografije	20		
R_Z_1_s_srednje_fotografije	13		

Tabela 3

računane m_{rc} iz zvezd za različna območja	R_Sr_1	R_Sr_2	R_Sr_3	R_Z_2_s_srednje_fotografije	R_Z_1_s_srednje_fotografije
Z_Sr_1	-5,9	-6,1	-5,4	-5,9	-5,5
Z_Sr_2	-5,5	-5,7	-4,9	-5,5	-5,0
Z_Sr_3	-5,6	-5,8	-5,0	-5,6	-5,1
Z_Sr_4	-5,6	-5,8	-5,1	-5,6	-5,2
Z_Sr_5	-5,7	-5,9	-5,1	-5,7	-5,2
Z_Z_4 - na zgornji fotografiji	-5,1	-5,3	-4,5	-5,1	-4,6
Z_Z_2 - na zgornji fotografiji	-5,8	-6,0	-5,3	-5,8	-5,4
Z_Z_3 - na zgornji fotografiji	-5,8	-6,0	-5,2	-5,8	-5,3
povprečno od vseh zvezd	→ -5,6	-5,8	-5,1	-5,6	-5,2

Tabela 4

Spodnja fotografija

lokacija na fotografiji	G_z	n_z	zvezda	znana magnituda m_z
Z_Sp_1	113	720	Rasalhague	2,06
Z_Sp_2	107	301	Theta Aquale	3,21
Z_Sp_3	114	225	Dabih	3,03
Z_Sp_4	107	416	Cebalrai	2,75
Z_Sp_5	110	330	Sadal Suud	2,87
Z_Sr_3 - na srednji fotografiji	113	392	Deneb el Okab	2,96
povprečne G_o vrednost ozadja	61			
območje ceste	G_g			
R_Sp_1	10			
R_Sp_2	28			
R_Sr_3_s_spodnje fotografije	5			

Tabela 5

računane m_{rc} iz zvezd za različna območja	R_Sp_1	R_Sp_2	R_Sr_3_s_spodnje fotografije
Z_Sp_1	-4,9	-6,0	-4,1
Z_Sp_2	-4,7	-5,8	-4,0
Z_Sp_3	-5,2	-6,3	-4,4
Z_Sp_4	-4,8	-6,0	-4,1
Z_Sp_5	-5,0	-6,1	-4,2
Z_Sr_3 - na srednji sliki	-4,6	-5,8	-3,9
povprečno od vseh zvezd	→ -4,9	-6,0	-4,1

Tabela 6

Vse tri fotografije skupaj

slika	povprečje iz območij
zgornja	-5,3
srednja	-5,5
spodnja	-5,0
povprečno za vse tri fotografije→	-5,3

Najmanjša dobljena vrednost magnitude je -6,3 največja pa -3,9.

Primerjava med istimi območji na dveh fotografijah:

Zgornja - Srednja

Zgornja fotografija		
Računane m_{rc} iz zvezd za različna območja	R_Z_1	R_Z_2
Z_Z_1	-5,1	-5,0
Z_Z_2	-5,5	-5,3
Z_Z_3	-5,7	-5,6
Z_Z_4	-5,1	-4,9
Z_Z_5	-5,6	-5,5
Povprečno od vseh zvezd	→ -5,4	-5,3
Povprečno od skupnih zvezd	→ -5,4	-5,3

Srednja fotografija		
Računane m_{rc} iz zvezd za različna območja	R_Z_1_s_srednje_fotografiji	R_Z_2_s_srednje_fotografiji
Z_Sr_1	-5,9	-5,5
Z_Sr_2	-5,5	-5,0
Z_Sr_3	-5,6	-5,1
Z_Sr_4	-5,6	-5,2
Z_Sr_5	-5,7	-5,2
Z_Z_2 - na zgornji fotografiji	-5,1	-4,6
Z_Z_3 - na zgornji fotografiji	-5,8	-5,4
Z_Z_4 - na zgornji fotografiji	-5,8	-5,3
Povprečno od vseh zvezd	→ -5,6	-5,2
Povprečno od skupnih zvezd	→ -5,6	-6,0

Srednja – Spodnja

Srednja fotografija	
Računane m_{rc} iz zvezd za različna območja	R_Sr_3
Z_Sr_1	-5,4
Z_Sr_2	-4,9
Z_Sr_3	-5,0
Z_Sr_4	-5,1
Z_Sr_5	-5,1
Z_Z_4 - na zgornji sliki	-4,5
Z_Z_2 - na zgornji sliki	-5,3
Z_Z_3 - na zgornji sliki	-5,2
Povprečno od vseh zvezd	→ -5,1

Spodnja fotografija	
Računane m_{rc} iz zvezd za različna območja	R_Sr_3_s_spodnje_fotografije
Z_Sp_1	-4,1
Z_Sp_2	-4,0
Z_Sp_3	-4,4
Z_Sp_4	-4,1
Z_Sp_5	-4,2
Z_Sr_3 - na srednji fotografiji	-3,9
Povprečno od vseh zvezd	→ -4,1

Odstopanja med vrednostmi za isti objekt na različnih fotografijah so od 0,1 do 1,1 magnitude.

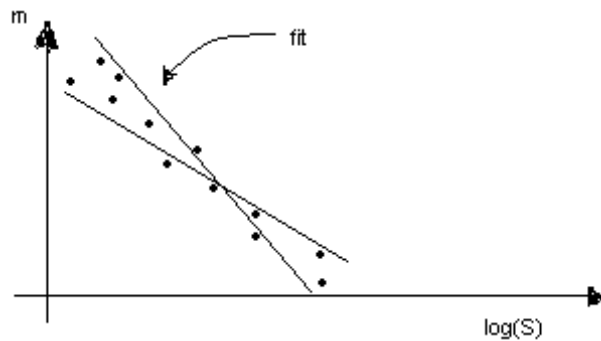
NAPAKE

Enačbo (16) razširimo v obliko

$$m_{rc} = -2,5 \cdot \log(R+G+B)_g + \log n_g - \log(R+G+B)_z - \log n_z + m_z \quad (19)$$

Določanje napake za $\log(R+G+B)$.

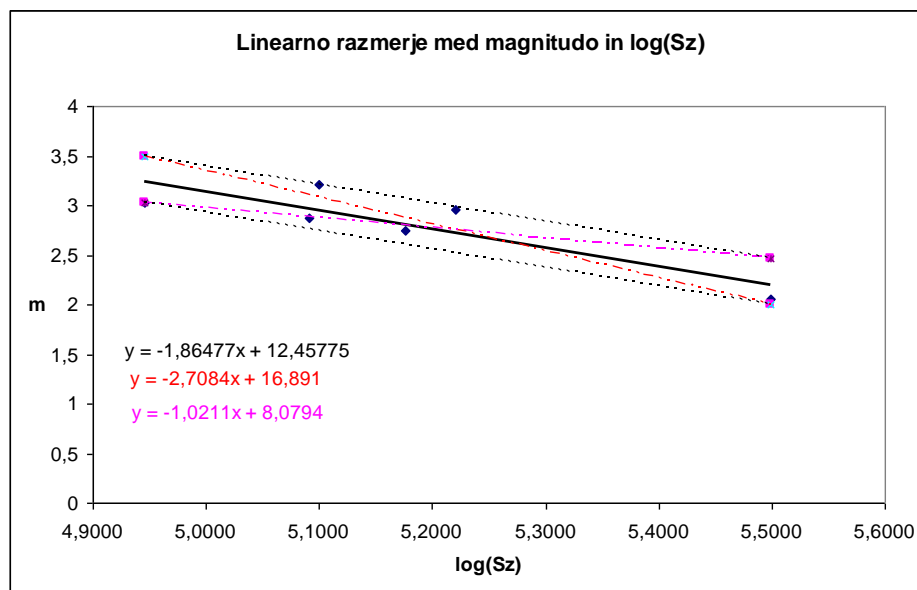
Ko iz posnetih fotografij odčitamo vrednost S_z (glej tudi enačbe (4)) za vse prej določene zvezde in iz zvezdnih kart določimo njihovo magnitudo, lahko narišemo graf magnitude v odvisnosti od logaritma svetlosti za vse te zvezde:



Slika 9: Shema grafa za določanje slučajnih napak.

Iz tega grafa lahko določimo prej napovedano odvisnost magnitude od svetlosti. Po naslednjem postopku lahko ocenimo slučajno napako naše meritve zaradi seeinga, termičnega šuma, sipanja ipd.

Merskim točkam narišemo paralelogram zaupanja in sicer tako, da so v njem zajete vse točke, tako kot kaže spodnji graf.



Graf 1: Linearno razmerje med magnitudo in logaritmom svetlosti za zgornjo fotografijo.

Paralelogram zaupanja je nakazan s črno črtkano črto. Diagonali paralelograma sta narisani v barvah. Velja še enačba premice $y = k \cdot x + n$.

Napako smernega koeficienta linearne fita δk in s tem razmerja med količinama, ocenimo tako, da poiščemo tisto diagonalo, katere smerni koeficient k_d se najbolj razlikuje od smernega koeficienta linearne fita k . Absolutno napako izračunamo po predpisu

$$\delta k = \frac{|k - k_d|}{\sqrt{N - 2}} \quad (20)$$

V imenovalcu stoji koren števila merskih točk, ki jim odštejemo dve. To sledi iz tega, da potrebujemo vsaj dve točki, da lahko določimo premico in tedaj napake meritve niti ne moremo oceniti [5]. Iz absolutne napake lahko izračunamo relativno napako. Zavedati se moramo, da so te napake le približne, saj ni naš namen dobiti zelo natančne meritvah, ampak preveriti ali nam ta metoda sploh lahko da smiselne rezultate.

Za vsako sliko posebej

$\log G_{zgornja}$	39%
$\log G_{srednja}$	35%
$\log G_{spodnja}$	26%

Zaradi metode, ki smo jo uporabljali, se je pojavilo še nekaj drugih napak, ki ji moramo upoštevati, zato se končna napaka poveča.

Skupna za vse slike

n_g	20%
n_z	20%
m_z	5%

Pri seštevanju vseh relativnih napak, smo na koncu dobili napako 25%, kar je razvidno na spodnji tabeli.

	Povprečna m_{rc} iz območij	Celotna napaka
m_{rc} - zgornja	-5,3	48%
m_{rc} - srednja	-5,5	45%
m_{rc} - spodnja	-5,0	39%
m_{rc} - povprečno za vse tri slike	-5,3	25%

σ je absolutna napaka .

$$\sqrt{\left(\frac{1}{5,3 \cdot 0,48}\right)^2 + \left(\frac{1}{5,5 \cdot 0,45}\right)^2 + \left(\frac{1}{5,0 \cdot 0,39}\right)^2} = 0,76 = \frac{1}{\sigma} \rightarrow \sigma = \frac{1}{0,76} = 1,32 \quad (21)$$

Dobimo relativno napako:

$$\frac{1,32}{5,2} = 0,25 = 25\% \quad (22)$$

Glede svetlosti Rimske ceste pa obstaja tudi analitična rešitev problema. Absolutna magnituda Rimske ceste je okoli -20,5 [3]. To sloni na predpostavki, da leži cela galaksija pred nami na standardni razdalji 10 parsekov (32,6 sv. let). Ker ne gledamo galaksije od zunaj, ampak se nahajamo v enem od spiralnih krakov blizu galaktične ravnine in tako dobimo samo stranski pogled proti centru Galaksije, vidimo samo kakih 50% totalne svetlosti galaksije (druga polovica se nahaja za gostim galaktičnim jedrom in nam tako nevidna).

Standardna formula za določanje svetlosti med dvema objektoma različnih magnitud (m_1 in m_2) je podana z

$$R = 10^{0,4(m_1 - m_2)} \quad (23)$$

in tako s to formulo znižamo totalno absolutno magnitudo Rimske ceste z začetnih -20,5 na -19,7 (zmanjšali za 50 %), kar predstavlja absolutno svetlost nam vidnega dela Galaksije. Ker pa je Zemlja okoli 8200 parsekov oddaljena od galaktičnega centra, je navidezna magnituda m okoli -5,1.

$$m = M - 5 - 5 \cdot \log_{10}(d) = -19,7 - [5 - 5 \cdot \log_{10}(8200)] = -5,1. \quad (24)$$

Nekaj tega deleža še odpade zaradi raznih oblakov plina in prahu v relativni bližini in tako izgubimo še približno 10 % . Tako pridemo do totalne integrirane svetlosti Rimske ceste okoli -5,0.

ZAKLJUČEK

Naša zastavljena naloga je bila izračunati svetlost Rimske ceste. Načinov, kako to narediti je veliko. Ubrali smo pot, ki je po mnenju mentorja precej nenatančna, a je ravno ta nezanesljivost bila gonilo naše radovednosti. Pri izračunih nismo upoštevali prašnih delcev, ki zastirajo nekaj svetlobe in absorpcije svetlobe v naši atmosferi, zato bi ob teh predpostavkah morali dobiti nekoliko večjo svetilnost in posledično drugačno odstopanje od prave vrednosti. Zagotovo je težava tudi v naključno izbranih območjih, a smo to napako »naključnosti« poskušali nekoliko zmanjšali z večjim številom izbranih območij. Vsekakor se zavedamo, da takšen način izračuna svetlosti Rimske ceste ni bila najboljša izbira, a zagotovo je bila poučna.

VIRI

- [1] (<http://de.wikipedia.org/wiki/Milchstra%C3%9Fe>, 2. 2. 2010)
- [2] (<http://www.br-online.de/wissen-bildung/spacenight/sterngucker/deepsky/spirale-gr.html>, 2. 2. 2009)
- [3] (http://en.wikipedia.org/wiki/Milky_Way, 10. 7. 2009)
- [4] ©2004 Imaginova Corp: Program Starry Night Pro Plus 6 ;
(<http://www.starrynight.com>, 2. 2. 2010)
- [5] Aleš Mohorič: Uvod v meritve za fizikalni praktikum I (str 48-52)
(http://predmeti.fmf.uni-lj.si/fizprak2/o_meritvah.pdf, 6. 12. 2008)