

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za matematiko in fiziko
Oddelek za matematiko

študijsko leto: 2007/2008
mentor: prof. dr. Andrej Čadež

RIMSKA CESTA

(opazovalni projekt pri predmetu astronomija)

Naloga:

S širokokotnim objektivom poslikajte Rimsko cesto in izmerite njeno svetlost. Posnemite več slik (5-20) z DSLR fotoaparatom. Analizirajte posnetke (ročno) v programu Photoshop ali podobnem.

Klara Pugelj
Ana Marija Podboršek
Mihaela Sušec
Ana Uršič

Ljubljana, 25.8.2008

1. Kazalo

1. Kazalo	2
2. Kaj je Rimska cesta?	3
3. Kaj je bila naša naloga?	3
4. Dnevnik opazovanj	4
5. Postopek dela	5
6. Izračun skupne svetlosti Rimske ceste	11
7. Literatura	13

2. Kaj je Rimska cesta?

Rimska cesta je spiralna galaksija, ki je po obliki zelo podobna Andromedini galaksiji. Rmsko cesto, ki jo vidimo na nočnem nebu kot megličast pas bele svetlobe, ki se vije prek celotne nebesne sfere, ustvarjajo zvezde in drugo gradivo v galaktični ravnini. Naše Sonce je ena izmed zvezd naše Galaksije.

Zvezde Galaksije sestavljajo disku podobno obliko, ki je v sredini mnogo debelejša kakor v preostalem delu. Sredino imenujemo jedro Galaksije. Lokacija Sonca je približno na dveh tretjinah od jedra proti robu galaksije. Dolžni premer Galaksije meri okoli sto tisoč svetlobnih let. Meglice, oblaki medzvezdne materije so le v disku samem. Zvezde bliže jedru se vrtijo okoli sredine Galaksije hitreje. Čim bolj so oddaljene od jedra, tem počasneje krožijo okoli njegove sredine. Ker Zemlja kroži okoli Sonca, vidimo ob različnih letnih časih različno močen krak naše Galaksije. Njen najsvetlejši del je viden poleti v smeri ozvezdja Strelca, kjer leži njeno središče. Glede na nebesni ekvator se Rimska cesta razprostira na severu do ozvezdja Kasiopeje in na jugu do ozvezdja Južnega križa. V našem primeru smo gledali zimski del Rimske ceste. Pozimi smo ravno obrnjeni proti robu naše galaksije, zato smo videli šibkejši del, saj smo gledali konce spiralnih rokavov. Poletni del Rimske ceste je močnejši od zimskega, saj smo poleti obrnjeni proti središču galaksije in tako vidimo jedro, ki je veliko bolj nasičeno z zvezdami in raznimi plini kot rob galaksije. Površinska svetlost Rimske ceste je razmeroma majhna, zato jo je iz svetlobno onesnaženega mestnega ali predmestnega okolja težko videti.

3. Kaj je bila naša naloga?

S širokokotnim objektivom poslikajte Rmsko cesto in izmerite njeno svetlost. Posnemite več slik (5-20) z DSLR fotoaparatom. Analizirajte posnetke (ročno) v programu Photoshop ali podobnem.

4. Dnevnik opazovanj:

1. 28.1.2008

Naš prvotni termin za opazovanje Rimske ceste na Črnem Vrhu se ni izkazal za primernega, saj je bilo nebo preveč oblačno in bi bile slike neuporabne.

2. 29.1.2008

Opazovanje:

Opazovanja smo opravili na observatoriju Črni Vrh, vodil pa jih je Herman Mikuž.

Na teleskop C14 smo montirali DSLR fotoaparatus Canon 20D in vsenebni (all-sky) objektiv 3,5/8 mm, ki pokrije na nebu zorno polje 180°. Se pravi celotno Rimsko cesto, ki jo v danem trenutku vidimo nad obzorjem. Občutljivost kamere je bila nastavljena na ISO 800, zaslonko smo zaprli na f/4 (prvi posnetek), zatem pa na f/5,6. Pri zadnji zaslonki je bila namreč kvaliteta slike zvezdnega polja bistveno boljša. Slike smo posneli v jpeg in RAW formatu.

Tabela posnetkov:

Štev. posnetkov	Osvetlitev(s)	ISO	f/D
1	300s	800	4
11	300s	800	5,6
3	300s	800	dark (temna slika)

Na koncu smo posneli še 3 temne slike s 5 minutno osvetlitvijo.

Zunanja temperatura 0°C, nebo je bilo ves čas jasno in brez Lune. Nad obzorjem smo opazili nekaj cirusov, ki pa niso pretirano motili opazovanja. Vlaga v zraku: 85%.

Posnetki so dosegljivi na:

<http://astro.ago.uni-lj.si/comets/Data/vaje/2008-01-29/>

3. 22.2.2008

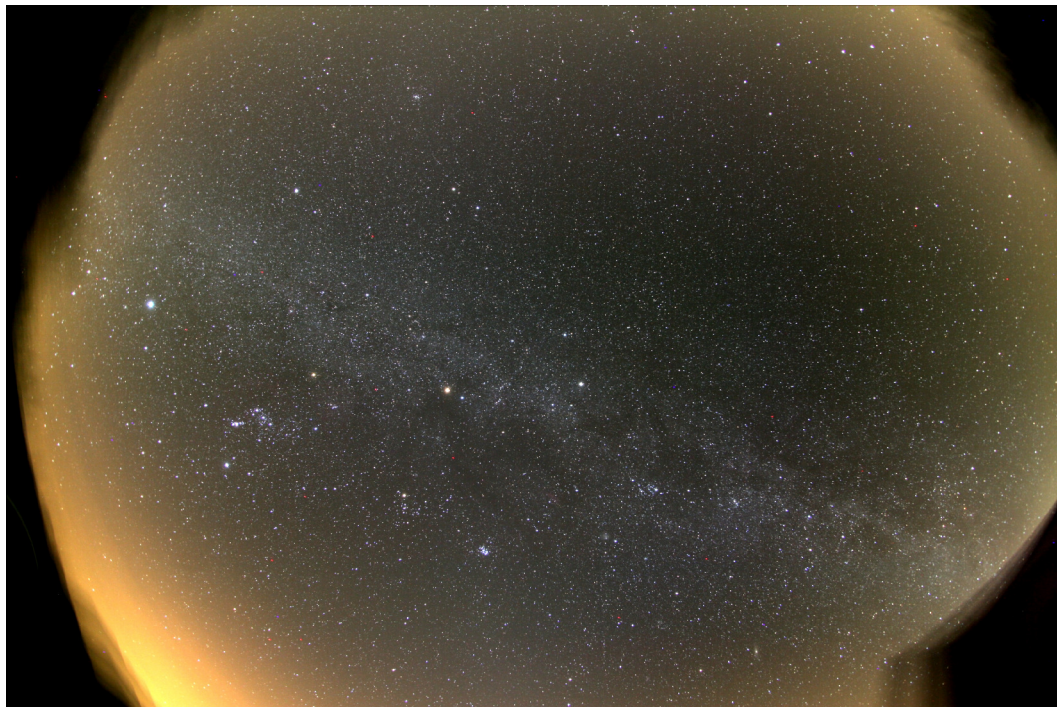
Po opravljenem opazovanju je bilo potrebno slike sešteti, da smo dobile bolj jasen in čist pogled na zimski del Rimske ceste, od skupne slike pa odšteti temno sliko, ki odpravi napake na zaslonki kamere.

S tem namenom smo se na observatoriju Golovec sestale z Bojanom Dintinjano, ki nam je predstavil programe s katerimi smo potem slike sestavile in s pomočjo katerih smo lahko zbrale vse podatke za naš glavni cilj, izmeriti svetlost Rimske ceste.

5. Postopek dela:

Najprej smo slike s pomočjo programa seštele. Uporabile smo vse slike razen prve, pa tudi slik na katerih se vidi črta, katero je povzročilo letalo na nebu, nismo uporabile.

Dobile smo naslednji rezultat:



Te slike pri računanju v nadaljevanju nismo uporabile saj so piksli na sliki prenasičeni in zato v programu Photoshop CS2 še tako majhna pikica na sliki pokaže maksimalno vrednost piksla. Zato smo uporabile naslednjo sliko:



Najprej je bilo potrebno izračunati relacijo med odčitanimi piksli, instrumentalno in pa navidezno magnitudo. To smo storile s pomočjo programa Photoshop CS2 in pa programa RedShift4.

V programu RedShift4 smo za izbrane zvezde na sliki odčitale njihovo navidezno magnitudo. V programu Photoshop CS2 pa smo za zvezdo in za ozadje v njeni neposredni bližini prebrale naslednje vrednosti pikslov: R, G in B, pri čemer smo vzele pri vseh meritvah en centralni piksel. Na zvezdi smo vzele največjo vrednost piksla. Nato smo izračunale še vsoto sijev v teh treh barvah za vsako izmed zvezd ter njeno ozadje. Na koncu smo izračunale razliko med RGB zvezde in RGB ozadja. To smo označile z RGB.

Vse podatke smo zbrale v naslednjo tabelo:

		navidezna magnituda	oddaljenost [pc]	rektascenzija	delkinacija	RGB zvezde	RGB ozadja	RGB
1.	HIPPARCOS 25160	7.57	187.617	05h 23m 32s	28°28'42"	283	79	204
2.	22 AUR	6.44	181.818	05h 23m 54s	28°56'46"	478	93	385
3.	HIPPARCOS 25001	5.66	85.324	05h 21m 44s	29°34'46"	629	141	488
4.	HIPPARCOS 24984	6.34	213.220	05h 21m 30s	27°58'01"	470	91	379
5.	HIPPARCOS 22894	7.41	684.931	04h 56m 00s	32°10'10"	335	83	252
6.	HIPPARCOS 22633	6.72	57.637	04h 52m 42s	31°10'46"	454	91	363
7.	HIPPARCOS 22393	5.58	71.942	04h 49m 44s	31°27'12"	620	129	491
8.	HIPPARCOS 22003	6.50	71.994	04h 44m 20s	32°52'56"	479	94	385
9.	HIPPARCOS 23650	7.32	160.772	05h 05m 33s	41°53'36"	342	90	252
10.	HIPPARCOS 23511	6.12	625.000	05h 03m 53s	41°27'17"	511	97	414
11.	HIPPARCOS 23213	6.67	93.371	05h 00m 17s	41°53'13"	457	91	366
12.	HIPPARCOS 16118	6.93	171.527	03h 28m 14s	49°37'48"	420	96	324
13.	HIPPARCOS 16001	7.12	388.889	03h 26m 39s	49°46'33"	351	114	237
14.	HIPPARCOS 15040	7.15	171.527	03h 14m 25s	49°36'03"	325	107	218
15.	HIPPARCOS 15388	8.02	198.020	03h 18m 59s	50°35'13"	174	69	105
16.	HIPPARCOS 15531	7.07	163.666	03h 20m 41s	50°59'59"	345	74	271
17.	HIPPARCOS 16210	5.57	169.779	03h 29m 27s	49°52'41"	590	94	496
18.	HIPPARCOS 16424	6.27	143.472	03h 32m 04s	49°14'21"	525	118	407
19.	HIPPARCOS 16447	6.41	657.895	03h 32m 24s	49°25'49"	507	80	427
20.	V0576 Per	6.06	184.843	03h 26m 26s	49°09'03"	476	72	404

Po formuli (logaritem je desetiški)

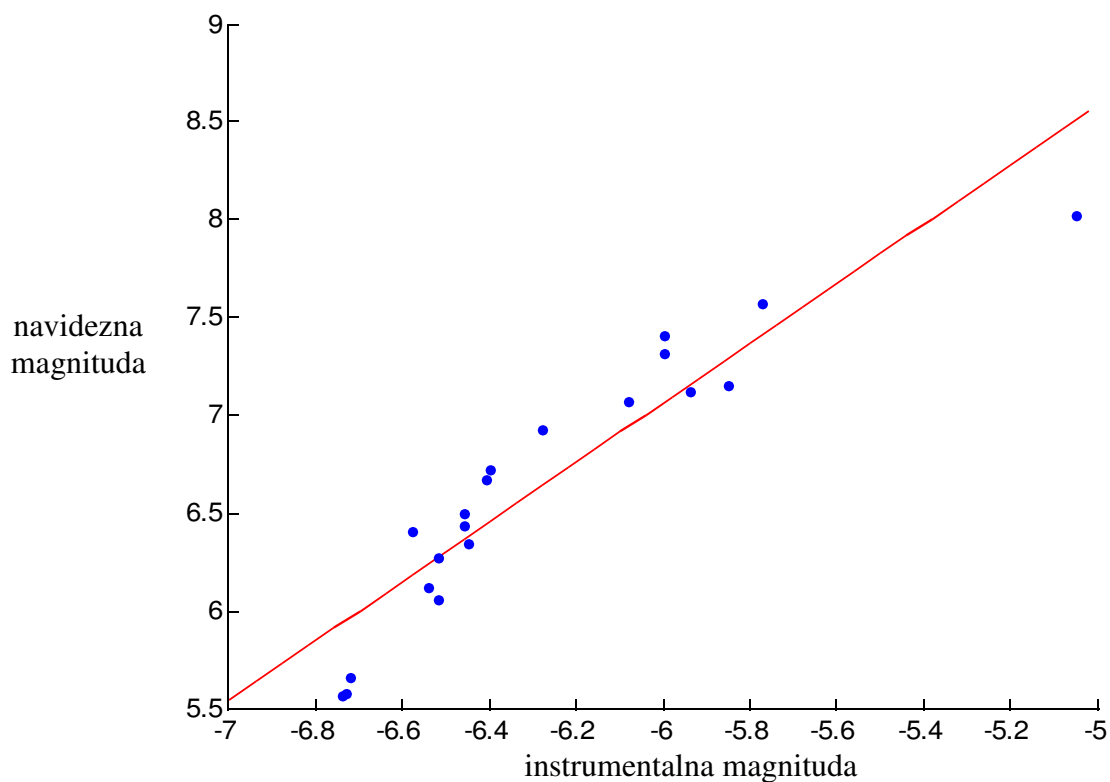
$$\text{mag} = \text{zmag} - 2.5 * \log(\text{flux}) + 2.5 * \log(\text{itime})$$

smo RGB enote preračunale v instrumentalne magnitude. *itime* (čas ekspozicije) je bil pri vseh meritvah enak, tako da zadnji del formule lahko izpustimo. Neznano konstanto *zmag* smo dobile kasneje iz grafa s primerjanjem kataloških in merjenih magnitud.

Dobile smo naslednje rezultate:

	navidezna magnituda	RGB	instrumentalna magnituda
1.	7.57	204	-5.77
2.	6.44	385	-6.46
3.	5.66	488	-6.72
4.	6.34	379	-6.45
5.	7.41	252	-6.00
6.	6.72	363	-6.40
7.	5.58	491	-6.73
8.	6.50	385	-6.46
9.	7.32	252	-6.00
10.	6.12	414	-6.54
11.	6.67	366	-6.41
12.	6.93	324	-6.28
13.	7.12	237	-5.94
14.	7.15	218	-5.85
15.	8.02	105	-5.05
16.	7.07	271	-6.08
17.	5.57	496	-6.74
18.	6.27	407	-6.52
19.	6.41	427	-6.58
20.	6.06	404	-6.52

S pomočjo Matlaba smo izračunale linearno funkcijo, ki se najboljše prilega danim podatkom. Dobile smo naslednji graf: (na x-osi je instrumentalna magnituda, na y-osi pa navidezna magnituda):



Graf je premica. Če ne bi dobile premice, potem bi to lahko pomenilo, da detektor ni linearen, oziroma da so zvezde preosvetljene (saturirane) in bi morale izbrati šibkejše.

⇒ Zveza med navidezno magnitudo in instrumentalno magnitudo:

$$\text{navidezna magnituda} = 1.5195 * \text{instrumentalna magnituda} + 16.1814$$

V nadaljevanju smo s pomočjo te formule izračunale povprečno navidezno magnitudo Rimske ceste in pa njeno povprečno svetlost.

Izračun povprečne navidezne magnitude:

Sliko smo najprej razdelile na pet delov, in sicer


- 1.) del številka 1 ima galaktične koordinate: $185^\circ \leq l \leq 245^\circ$ in $-10^\circ \leq b \leq 10^\circ$
- 2.) del številka 2 ima galaktične koordinate: $125^\circ \leq l \leq 185^\circ$ in $-10^\circ \leq b \leq 10^\circ$
- 3.) del številka 3 ima galaktične koordinate: $65^\circ \leq l \leq 125^\circ$ in $-10^\circ \leq b \leq 10^\circ$
- 4.) del številka 4 ima galaktične koordinate: $65^\circ \leq l \leq 245^\circ$ in $-90^\circ \leq b \leq -10^\circ$
- 5.) del številka 5 ima galaktične koordinate: $65^\circ \leq l \leq 245^\circ$ in $10^\circ \leq b \leq 90^\circ$.

Nato smo na vsakem delu naključno odčitavale vrednosti R,G in B ter jih seštele v RGB. Pri odčitavanju vrednosti smo vzele en centralni piksel.



Po tridesetih meritvah na vsakem delu smo dobile naslednjo tabelo:

1 RGB	2 RGB	3 RGB	4 RGB	5 RGB
105	96	84	70	94
107	115	87	61	93
97	90	72	70	94
117	91	94	89	87
103	106	100	68	100
101	99	78	79	90
85	84	90	74	84
87	96	85	78	90
116	133	93	81	87
119	92	93	65	84
126	91	82	62	90
109	97	102	60	85
92	85	96	93	76
100	84	81	97	91
117	99	93	81	85
123	99	110	88	90
120	87	107	83	115
122	93	80	87	97
95	111	114	77	93
100	101	75	120	85
106	85	111	103	112
100	111	73	87	94
110	126	112	99	104
116	103	85	89	91
97	102	92	86	94
93	96	84	73	107
109	132	110	115	97
131	86	130	96	89
121	84	128	104	112
112	115	105	67	100
povprečje RGB: 107.866 instrumantalna magnituda: -5.082 navidezna magnituda: 8.459	povprečje RGB: 99.633 instrumantalna magnituda: -4.996 navidezna magnituda: 8.590	povprečje RGB: 94.867 instrumantalna magnituda: -4.943 navidezna magnituda: 8.671	povprečje RGB: 83.400 instrumantalna magnituda: -4.803 navidezna magnituda: 8.883	povprečje RGB: 93.667 instrumantalna magnituda: -4.929 navidezna magnituda: 8.692

Povprečje smo dobile tako, da smo vse vrednosti seštele in delile s številom meritev. Pred tem smo na temni sliki pogledale kakšne so vrednosti pikslov ozadja in ugotovile, da ima ta v povprečju 0 RGB enot. Nato smo navidezno magnitudo izračunale po formuli, ki smo jo dobile na prejšnji strani. Torej prišle smo do ugotovitve, da ima Rimska ce  povprečju magnitudo **8.659**.

6. Izračun skupne svetlosti Rimske ceste:

Najprej smo izmerile skalo slike.

V Photoshopu smo ocenile, da je razdalja med zvezdama Betelgeuse in Bellatrix, v ozvezdju Orion, približno 155px.

Beltegeuse: rektascenzija = $\alpha_1 = 05\text{h } 55\text{m } 37\text{s} = 88^\circ 54' 15''$
deklinacija = $\delta_1 = 07^\circ 24' 36''$

Bellatrix: rektascenzija = $\alpha_2 = 05\text{h } 25\text{m } 34\text{s} = 81^\circ 23' 30''$
deklinacija = $\delta_2 = 06^\circ 21' 31''$

S pomočjo kosinusnega izreka na sferi smo izračunale dolžino sfernega loka l med zvezdama:

$$\cos(l) = \sin(\delta_1) * \sin(\delta_2) + \cos(\delta_1) * \cos(\delta_2) * \cos(\alpha_1 - \alpha_2)$$

$$\cos(l) = 0.9914$$

$$l = 7.532^\circ = 7^\circ 31' 55''$$

$$\begin{array}{r} \text{Torej: } 155\text{px} \dots\dots\dots 7.532^\circ \\ \quad \quad \times \dots\dots\dots 1^\circ \end{array}$$

$$x = 20.579\text{px}$$

Se pravi **21px je približno 1 ločna stopinja**.

Nato smo izračunale velikost Rimske ceste:

Dolžina Rimske ceste meri **180°**. Za širino Rimske ceste smo izračunale dolžino sfernega loka dveh zvezd Betelgeuse in Mekbuda, ki sta vsaka na nasprotnem robu Rimske ceste:

Mekbuda: rektascenzija = $\alpha_3 = 07\text{h } 04\text{m } 36\text{s} = 106^\circ 9' 0''$
deklinacija = $\delta_3 = 20^\circ 33' 34''$

$$\cos(l) = \sin(\delta_3) * \sin(\delta_2) + \cos(\delta_3) * \cos(\delta_2) * \cos(\alpha_3 - \alpha_2)$$

$$\cos(l) = 0.932$$

$$l = 21.245^\circ = 21^\circ 14' 44''$$

Torej lahko za širino Rimske ceste izberemo približno **20°**.

$$\Rightarrow \text{dolžina} * \text{širina} = 180^\circ * 20^\circ = 3600^{\circ 2}$$

Ker je ponekod svetlega več kot tretjina pasu, ponekod četrtna, ponekod pa tudi skoraj nič, smo za povprečje vzele četrtno pasu. Prišle smo do naslednjih ugotovitev:

$$\sim \text{površina} = 3600^{\circ 2} / 4 = 900^{\circ 2}$$

~ vsaka stopinja nam predstavlja 21px, torej imamo vse skupaj:
 $900 * 21^2 = 396900 \text{ px}$

~ ugotovili smo že da ima en piksel v povprečju vrednost 91 RGB enot
torej $396900px * 91 = 36117900$ (ta številka nam predstavlja integrirano jakost)

~ po formuli za primerjavo dveh magnitud dobimo:

$$m_2 = -2.5 \log(F_1/F_2) + m_1$$

$$m_2 = -2.5 * \log(36117900/10^{10}) + 8.659$$

$$m_2 = -5.3$$

Torej dobimo kot rezultat skupno svetlost Rimske ceste -5.3.

V virih smo našle, da naj bi bila skupna svetlost Rimske ceste približno -5.0. Če ta rezultat primerjamo z našim rezultatom -5.3, vidimo da sta rezultata kar primerljiva.

7. Literatura:

- J. M. Pasachoff: *Astronomy: from the Earth to the Universe*, Saunders College, 1998.
- J. M. Pasachoff: *Contemporary Astronomy*, W. B. Saunders, Philadelphia, 1977.
- M. A. Seeds: *Foundations of Astronomy, Eighth Edition*, Thomson learning high Holborn house, London, 2005.
- L. S. Sparke and J. S. Gallagher, III: *Galaxies in the Universe An Introduction, Second Edition*, Cambridge, 2007.
- http://www.astropix.com/HTML/B_WINTER/04_WIN.HTM.
- *Naše nebo*.